

## Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik





© BSN 2013

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN  
Gd. Manggala Wanabakti  
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.  
Telp. +6221-5747043  
Fax. +6221-5747045  
Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)  
[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta



## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Simbol.....	vi
Daftar istilah.....	xi
Prakata .....	xii
Pendahuluan.....	xiii
1 Umum .....	1
1.1 Ruang lingkup .....	1
1.2 Acuan Normatif .....	1
1.3 Umum .....	2
2 Persyaratan desain.....	3
2.1 Tipe sambungan Rangka Momen Khusus dan Menengah.....	3
2.2 Kekakuan sambungan .....	3
2.3 Komponen struktur .....	3
2.3.1 Komponen Struktur WF Gilas .....	3
2.3.2 Komponen Struktur Tersusun.....	3
2.3.2a Balok Tersusun.....	3
2.3.2b Kolom Tersusun.....	4
2.4 Parameter desain sambungan.....	5
2.4.1 Faktor Ketahanan .....	5
2.4.2 Lokasi Sendi Plastis.....	5
2.4.3 Momen Maksimum yang Mungkin Terjadi pada Sendi Plastis .....	5
2.4.4 Pelat penerus.....	6
2.5 Zona panel .....	6
2.6 Zona terlindung.....	6
3 Persyaratan pengelasan.....	7
3.1 Metal pengisi.....	7
3.2 Prosedur pengelasan.....	7
3.3 <i>Backing</i> pada <i>joint</i> balok-ke-kolom dan pelat penerus-ke-kolom.....	7
3.3.1 <i>Backing</i> Baja pada Pelat Penerus .....	7
3.3.2 <i>Backing</i> Baja pada Sayap Bawah Balok.....	7
3.3.3 <i>Backing</i> Baja pada Sayap Atas Balok .....	7
3.3.4 Las yang Dilarang pada <i>Backing</i> Baja.....	7
3.3.5 <i>Backing</i> yang tidak dapat menyatu pada <i>Joint</i> Sayap Balok-ke-Kolom.....	8
3.4 Detail dan pengerjaan las tab .....	8



3.5	Las titik .....	8
3.6	Pelat penerus .....	8
3.7	Pengendalian mutu dan penjaminan mutu .....	9
4.	Persyaratan pembautan .....	10
4.1	Rakitan pengencang .....	10
4.2	Persyaratan pemasangan .....	10
4.3	Pengendalian mutu dan penjaminan mutu .....	10
5.	Sambungan momen Penampang Balok Tereduksi (PBT) .....	11
5.1	Umum .....	11
5.2	Sistem .....	11
5.3	Batas prakualifikasi .....	11
5.3.1	Pembatasan Balok .....	11
5.3.2	Pembatasan Kolom .....	13
5.4	Pembatasan hubungan kolom-balok .....	13
5.5	Pembatasan las sayap balok-ke-sayap kolom .....	14
5.6	Pembatasan sambungan badan balok-ke-sayap kolom .....	14
5.7.	Fabrikasi pemotongan sayap .....	15
5.8.	Prosedur desain .....	15
6	Sambungan momen pelat-ujung berbaut diperpanjang tanpa dan dengan pengaku .....	19
6.1	Umum .....	19
6.2	Sistem .....	19
6.3	Batas prakualifikasi .....	20
6.4	Pembatasan balok .....	20
6.5	Pembatasan kolom .....	21
6.6	Pembatasan hubungan kolom-balok .....	21
6.7	Pelat penerus .....	22
6.8	Baut .....	22
6.9	Pendetailan sambungan .....	22
6.9.1	Gage .....	22
6.9.2	<i>Pitch</i> dan Spasi Baris .....	22
6.9.3	Lebar Pelat-Ujung .....	24
6.9.4	Pengaku Pelat-Ujung .....	24
6.9.5	Ganjal Menjari .....	25
6.9.6	Pendetailan Pelat Komposit untuk RMM .....	25
6.9.7	Detail Pengelasan .....	25
6.10	Prosedur desain .....	26



6.10.1	Desain Pelat-ujung dan Baut.....	26
6.10.2	Desain di Bagian Kolom.....	32
7	Sambungan momen Pelat Sayap Berbaut (PSB).....	38
7.1	Umum .....	38
7.2	Sistem.....	38
7.3	Batas prakualifikasi .....	38
7.3.1	Pembatasan Balok .....	38
7.3.2	Pembatasan Kolom .....	39
7.4	Pembatasan hubungan kolom-balok .....	40
7.5	Pendetailan sambungan .....	40
7.5.1	Spesifikasi Material Pelat.....	40
7.5.2	Las Pelat Sayap Balok.....	40
7.5.3	Las Sambungan Geser Pelat-Tunggal .....	40
7.5.4	Persyaratan Baut.....	40
7.5.5	Ganjil Pelat Sayap .....	41
7.6	Prosedur desain.....	41
8	Sambungan momen Sayap Tanpa Penguat Dilas - Badan Dilas (STPD-BD).....	45
8.1	Umum .....	45
8.2	Sistem.....	45
8.3	Batas prakualifikasi .....	45
8.3.1	Pembatasan Balok.....	45
8.3.2	Pembatasan Kolom .....	46
8.4	Pembatasan hubungan kolom-balok .....	47
8.5	Las sayap balok-ke-sayap kolom.....	47
8.6	Pembatasan sambungan badan balok-ke-kolom.....	47
8.7	Prosedur desain.....	49
9	Sambungan momen <i>Bracket</i> Berbaut Kaiser (BBK).....	50
9.1	Umum .....	50
9.2	Sistem.....	50
9.3	Batas prakualifikasi .....	51
9.3.1	Pembatasan Balok.....	51
9.3.2	Pembatasan Kolom .....	52
9.3.3	Pembatasan <i>Bracket</i> .....	53
9.4	Pembatasan hubungan kolom-balok .....	53
9.5	Pembatasan <i>bracket</i> -ke-sayap kolom.....	53
9.6	Pembatasan sambungan <i>bracket</i> -ke-sayap balok.....	54



9.7	Pembatasan sambungan badan balok-ke-kolom .....	54
9.8	Pendetailan sambungan .....	54
9.9	Prosedur desain .....	55
10	Sambungan momen conxtech conxl .....	62
10.1	Umum .....	62
10.2	Sistem .....	65
10.3	Batas prakualifikasi .....	65
10.3.1	Pembatasan Balok .....	65
10.3.2	Pembatasan Kolom .....	66
10.3.3	Pembatasan Keraf .....	67
10.4	Pembatasan sambungan keraf .....	67
10.5	Pembatasan sambungan badan balok-ke-keraf .....	68
10.6	Pembatasan pengelasan sayap balok-ke-sayap keraf .....	69
10.7	Pembatasan hubungan kolom-balok .....	69
10.8	Prosedur desain .....	70
A	Persyaratan penuangan .....	82
A1	Kelas baja tuang .....	82
A2	Pengendalian mutu .....	82
A2.1	Personel Pemeriksa dan Personel Pengujian Nondestruktif .....	82
A.2.2	Pemeriksaan Artikel Pertama (PAP) Penuangan .....	82
A.2.3	Pemeriksaan Visual Penuangan .....	82
A.2.4	Pengujian Nondestruktif (PND) Penuangan .....	82
A.2.4a	Prosedur .....	82
A.2.4b	PND yang Diperlukan .....	83
A.2.5	Prosedur Perbaikan Las .....	83
A.2.6	Persyaratan Tarik .....	83
A.2.7	Persyaratan Takik-Charpy V (TCV) .....	83
A.2.8	Identifikasi Penuangan .....	83
A3	Dokumen produsen .....	84
A.3.1	Penyerahan kepada Pemegang Paten .....	84
A.3.2	Penyerahan kepada Insinyur Profesional Bersertifikat dan Pihak Yang Berwenang .....	84
B.	Persyaratan penempaan .....	85
B1.	Kelas baja yang ditempa .....	85
B2.	Persediaan batang tulangan .....	85
B3.	Temperatur penempaan .....	85
B4.	Perlakuan <i>heat</i> .....	85



B5. Penyempurnaan.....	85
B6. Penjaminan mutu.....	85
B7. Dokumentasi.....	86





## Simbol

Standar ini menggunakan simbol-simbol berikut ini sebagai tambahan dari istilah-istilah yang didefinisikan dalam *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* SNI 1729-2012 dan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Beberapa definisi dalam daftar di bawah ini telah disederhanakan agar ringkas. Secara umum, definisi yang diberikan dalam tubuh Standar ini yang menentukan. Simbol tanpa definisi teks, digunakan hanya dalam satu lokasi dan didefinisikan pada lokasi itu, dihilangkan dalam beberapa hal. Nomor pasal atau tabel di sebelah kanan di mana simbol pertama kali digunakan.

Simbol	Definisi	Pasal
$A_c$	Luas kontak antara pelat penerus dan sayap kolom tempat sayap balok tersambung, in. <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> ) . . . . .	6.7
$A_c$	Luas beton dalam kolom, in. <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> ) . . . . .	10.8
$A_s$	Luas baja dalam kolom, in. <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> ) . . . . .	10.8
$C_{pr}$	Faktor untuk memperhitungkan kekuatan puncak sambungan, termasuk pengerasan regangan, kekangan lokal, penulangan tambahan, dan kondisi sambungan lain . . . . .	2.4.3
$C_t$	Faktor yang digunakan dalam Persamaan 6.10-17 . . . . .	6.10
$F_{EXX}$	Kekuatan klasifikasi metal pengisi, ksi (MPa) . . . . .	9.9
$F_{fu}$	Gaya sayap balok terfaktor, kips (N) . . . . .	6.10
$F_{nt}$	Kekuatan tarik nominal baut dari SNI <i>Spesifikasi</i> , ksi (MPa) . . . . .	6.10
$F_{nv}$	Kekuatan geser nominal baut dari SNI <i>Spesifikasi</i> , ksi (MPa) . . . . .	6.10
$F_{su}$	Kekuatan pengaku yang diperlukan, kips (N) . . . . .	6.10
$F_u$	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari elemen yang meleleh . . .	10.8
$F_{ub}$	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material balok, ksi (MPa) .	7.6
$F_{uf}$	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material sayap, ksi (MPa)	9.9
$F_{up}$	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material pelat-ujung, ksi (MPa) . . . . .	6.10
$F_{up}$	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material pelat, ksi (MPa) .	7.6
$F_w$	Kekuatan desain las nominal pada SNI <i>Spesifikasi</i> , ksi (MPa) . . . . .	9.9
$F_y$	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari elemen yang meleleh, ksi (MPa) . . . . .	10.8
$F_{yb}$	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material balok, ksi (MPa) .	6.10
$F_{yc}$	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material sayap kolom, ksi (MPa) . . . . .	6.10
$F_{yf}$	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material sayap, ksi (MPa)	9.9
$F_{yp}$	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material pelat-ujung, ksi (MPa) . . . . .	6.10
$F_{ys}$	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material pengaku, ksi (MPa) . . . . .	6.10



$H_l$	Tinggi tingkat di bawah simpul, in. (mm) . . . . .	10.8
$H_u$	Tinggi tingkat diatas simpul, in. (mm) . . . . .	10.8
$L_{bb}$	Panjang konsol ( <i>bracket</i> ), in. (mm) . . . . .	Tabel 9.1
$L_h$	Jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm) . . . . .	5.8
$L_{st}$	Panjang pengaku pelat ujung, in. (mm) . . . . .	6.9.4
$M_{pb}^*$	Momen pada perpotongan sumbu balok dan kolom ditentukan dengan memproyeksikan momen maksimum yang dikembangkan balok dari muka kolom, kip-in. (N-mm) . . . . .	10.8
$M_{pc}^*$	Momen pada sumbu balok dan kolom ditentukan dengan memproyeksikan jumlah dari kekuatan momen plastis kolom nominal, dikurangi tegangan aksial, kip-in. (N-mm) . . . . .	10.8
$M_{pcl}^*$	Kekuatan nominal momen plastis kolom di bawah simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial yang bekerja bersamaan dengan pembebanan pada sumbu yang tegak lurus, kip-in. (N-mm) . . . . .	10.8
$M_{pcu}^*$	Kekuatan nominal momen plastis kolom di atas simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial yang bekerja bersamaan dengan pembebanan pada sumbu yang tegak lurus, kip-in. (N-mm) . . . . .	10.8
$M_{baut}$	Momen pada baut kerah, kip-in. (N-mm) . . . . .	10.8
$M_{cf}$	Kekuatan lentur sayap kolom, kip-in. (N-mm) . . . . .	6.9
$M_f$	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm) . . . . .	5.8
$M_{np}$	Momen tanpa aksi unguik dalam baut, kip-in. (N-mm) . . . . .	Tabel 6.2
$M_{pe}$	Momen plastis balok berdasarkan tegangan leleh ekspektasi, kip-in. (N-mm) . . . . .	5.8
$M_{pr}$	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis, kip-in. (N-mm) . . . . .	2.4.3
$M_{uv}$	Momen tambahan akibat amplifikasi geser dari pusat penampang balok yang tereduksi ke sumbu kolom, kip-in. (N-mm) . . . . .	5.4(2)(a)
$N$	Ketebalan sayap balok ditambah 2 kali ukuran las sudut penguat, in. (mm) . . . . .	6.10
$P$	Beban aksial yang bekerja pada kolom di penampang yang memperhitungkan kombinasi beban yang sesuai yang disyaratkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, tetapi tanpa memperhitungkan beban seismik amplifikasi, kips (N) . . . . .	10.8
$P_t$	Kekuatan tarik baut minimum yang disyaratkan, kips (N) . . . . .	Tabel 6.2
$P_{uc}$	Kekuatan tekan yang disyaratkan menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N) . . . . .	Simbol
$R_{pt}$	Pratarik baut minimum, kips (N) . . . . .	10.8
$R_n$	Gaya yang disyaratkan untuk desain pelat penerus, kips (N) . . . . .	6.10
$R_n$	Kekuatan nominal . . . . .	7.6
$R_n^{pz}$	Kekuatan geser zona panel nominal, kips (N) . . . . .	10.8
$R_t$	Rasio kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum yang disyaratkan untuk material sayap . . . . .	9.9



$R_u^{pz}$	Kekuatan geser zona panel yang disyaratkan, kips (N) . . . . .	10.8
$R_y$	Rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan, $F_y$ , . . . . .	9.9
$S_1$	Jarak dari muka kolom ke baris terdekat dari baut, in. (mm) . . . . .	7.6
$S_h$	Jarak dari muka kolom ke sendi plastis, in. (mm) . . . . .	2.3.2a
$V_{baut}$	Geser maksimum yang mungkin terjadi pada baut kerah, kips (N) . . . . .	10.8
$V_{cf}$	Geser maksimum yang mungkin terjadi pada muka sayap kerah, kips (N) . . . . .	10.8
$V_{kolom}$	Geser kolom, kips (N) . . . . .	10.8
$V_f$	Geser maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kips (N) . . . . .	10.8
$V_{gravitasi}$	Gaya geser balok yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ , kips (N) . . . . .	5.8
$V_h$	Gaya geser balok pada lokasi sendi plastis, kips (N) . . . . .	7.6
$V_{RBS}$	Terbesar dari dua nilai dari gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung sebuah balok, kips (N) . . . . .	5.4(2)(a)
$V'_{RBS}$	Terkecil dari dua nilai gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung sebuah balok, kips (N) . . . . .	Penjelasan 5.8
$V_u$	Kekuatan geser yang disyaratkan dari sambungan balok dan sambungan badan balok-ke-kolom, kips (N) . . . . .	5.8
$Y_c$	Parameter mekanisme garis leleh sayap kolom, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.5
$Y_m$	Parameter mekanisme garis leleh sayap kolom yang disederhanakan . . . . .	9.9
$Y_p$	Parameter mekanisme garis leleh pelat-ujung, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.2
$Z_c$	Modulus penampang plastis kolom pada salah satu sumbu, in. <sup>3</sup> (mm <sup>3</sup> ) . . . . .	10.8
$Z_e$	Modulus plastis efektif dari penampang (atau sambungan) pada lokasi sendi plastis, in. <sup>3</sup> (mm <sup>3</sup> ) . . . . .	2.4.3
$Z_{RBS}$	Modulus penampang plastis pada pusat penampang balok yang tereduksi, in. <sup>3</sup> (mm <sup>3</sup> ) . . . . .	5.8
$Z_x$	Modulus penampang plastis pada sumbu-x, in. <sup>3</sup> (mm <sup>3</sup> ) . . . . .	5.8
$a$	Jarak horizontal dari muka sayap kolom ke awal pemotongan penampang balok yang tereduksi, in. (mm) . . . . .	5.4(2)(a)
$a$	Jarak muka terluar dari kerah ke pemotongan penampang tereduksi, in. (mm). . . . .	10.8
$b$	Lebar elemen tekan seperti didefinisikan dalam SNI <i>Spesifikasi</i> , in. (mm) . . . . .	2.3.2b(2)
$b$	Panjang pemotongan balok tereduksi, in. (mm) . . . . .	5.4(2)(a)
$b_{bb}$	Lebar konsol, in. (mm) . . . . .	Tabel 9.1
$b_{bf}$	Lebar sayap balok, in. (mm) . . . . .	5.8
$b_{cf}$	Lebar sayap kolom, in. (mm) . . . . .	9.9
$b_f$	Lebar sayap, in. (mm) . . . . .	5.3.1(7)
$b_p$	Lebar ujung pelat, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.1
$c$	Kedalaman pemotongan pada pusat penampang balok tereduksi, in. (mm) . . . . .	5.8
$d$	Tinggi balok, in. (mm) . . . . .	5.3.1(7)
$d_b$	Diameter baut sayap kolom, in. (mm) . . . . .	9.9
$d_{b\ req'd}$	Diameter baut yang disyaratkan, in. (mm) . . . . .	6.10



$d_c$	Tinggi kolom, in. (mm) . . . . .	5.4(2)(a)
$d_{col}$	Tinggi kolom, in. (mm) . . . . .	10.8
$d_e$	Jarak tepi baut kolom, in. (mm) . . . . .	Tabel 9.2
$d_{eff}$	Tinggi efektif balok, dihitung sebagai jarak titik berat antara kelompok baut dalam konsol tertinggi dan terendah, in. (mm) . . . . .	9.9
$d_{leg}^{CC}$	Tinggi efektif dari rakitan kaki kerah sudut, in. (mm) . . . . .	10.8
$f'_c$	Kekuatan tekan yang disyaratkan isi beton, ksi (MPa) . . . . .	10.8
$f_1$	Faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku untuk beban hidup tetapi tidak kurang dari 0,5 . . . . .	5.8
$g$	Jarak horizontal ( <i>gage</i> ) antara deretan pengencang, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.1
$h_1$	Jarak dari sumbu sayap tekan ke baris baut sebelah dalam sisi-tarik pada empat-baut yang diperpanjang dan sambungan momen berpelat-akhir yang diperpanjang dan diperkaku empat-baut, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.2
$h_{bb}$	Tinggi konsol, in. (mm) . . . . .	Tabel 9.1
$h_i$	Jarak dari sumbu sayap tekan ke sumbu baris baut tarik ke $i$ , in. (mm) . . . . .	6.10
$h_o$	Jarak dari sumbu sayap tekan ke baris baut terluar sisi-tarik pada empat-baut yang diperpanjang dan sambungan momen berpelat-akhir yang diperpanjang dan diperkaku empat-baut, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.2
$h_p$	Tinggi pelat, in. (mm) . . . . .	8.6
$h_{st}$	Tinggi pengaku, in. (mm) . . . . .	6.9.4
$k_1$	Jarak dari sumbu badan ke dasar penebalan sayap, in. (mm) . . . . .	3.6
$k_c$	Jarak dari muka terluar suatu sayap kolom ke dasar penebalan badan (nilai desain) atau las sudut, in. (mm) . . . . .	6.9
$k_{det}$	Nilai terbesar $k_1$ digunakan dalam produksi, in. (mm) . . . . .	3.6
$\ell$	Jarak overlap konsol, in. (mm) . . . . .	9.9
$\ell_w$	Panjang las sudut tersedia, in. (mm) . . . . .	9.9
$\ell_w^{CC}$	Panjang total las sudut tersedia pada rakitan sudut kerah, in. (mm) . . . . .	10.8
$\ell_w^{CWX}$	Panjang total las sudut tersedia pada Perpanjangan Badan Kerah, in. (mm) . . . . .	10.8
$n$	Jumlah baut . . . . .	7.6
$n_b$	Jumlah baut pada sayap tekan . . . . .	6.10
$n_{cb}$	Jumlah baut kolom . . . . .	Tabel 9.1
$n_{cf}$	Jumlah baut kerah setiap sayap kerah . . . . .	10.8
$n_i$	Jumlah baut sebelah dalam . . . . .	6.10
$n_o$	Jumlah baut terluar . . . . .	6.10
$p$	Panjang tributari tegak lurus tiap-tiap baut, in. (mm) . . . . .	9.9
$p_b$	jarak vertikal antara deretan dalam dan bagian luar baut dalam suatu sambungan momen berpelat-akhir yang diperpanjang dan diperkaku delapan-baut, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.1
$p_b$	<i>Pitch</i> baut kolom, in. (mm) . . . . .	Tabel 9.2
$p_{fi}$	Jarak vertikal dari bagian dalam dari suatu sayap tarik balok ke deretan	



	baut bagian dalam terdekat, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.1
$p_{fo}$	Jarak vertikal dari terluar dari suatu sayap tarik balok ke deretan baut terluar terdekat, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.1
$p_{si}$	Jarak dari muka bagian dalam pelat penerus ke deretan baut bagian dalam terdekat, in. (mm) . . . . .	6.9.2
$p_{so}$	Jarak dari muka bagian luar pelat penerus ke deretan baut bagian luar terdekat, in. (mm) . . . . .	6.9.2
$r_h$	Radius konsol horizontal, in. (mm) . . . . .	Tabel 9.2
$r_{ut}$	Kekuatan tarik baut kerah yang diperlukan, kips (N) . . . . .	10.8
$r_v$	Radius pengaku konsol, in. (mm) . . . . .	Tabel 9.2
$s$	Jarak dari sumbu baris baut tarik yang paling dalam atau yang paling luar ke tepi suatu pola garis leleh, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.2
$s$	Spasi deretan baut dalam suatu sambungan momen pelat sayap yang di baut, in. (mm) . . . . .	7.6
$s_{bolts}$	Jarak dari pusat sendi plastis ke titik berat baut kerah, in. (mm) . . . . .	10.8
$s_f$	Jarak dari pusat sendi plastis ke muka kolom, in. (mm) . . . . .	10.8
$s_h$	Jarak dari pusat sendi plastis ke pusat kolom, in. (mm) . . . . .	10.8
$t_{bf}$	Tebal sayap balok, in. (mm) . . . . .	5.8
$t_{bw}$	Tebal badan balok, in. (mm) . . . . .	6.10
$t_{col}$	Tebal dinding PSB atau kolom boks tersusun, in. (mm) . . . . .	10.8
$t_{kerah}$	Jarak dari muka kolom ke muka bagian luar kerah, in. (mm). . . . .	10.8
$t_{cw}$	Tebal badan kolom, in. (mm) . . . . .	6.10
$t_f^{CC}$	Ukuran las sudut yang diperlukan untuk menghubungkan rakitan sudut kerah ke kolom, in. (mm) . . . . .	10.8
$t_f^{CWX}$	Ukuran las sudut yang diperlukan untuk menghubungkan setiap sisi badan balok ke Perpanjangan Badan Kerah, in. (mm) . . . . .	10.8
$t_{leg}^{CC}$	Tebal efektif rakitan kaki sudut kerah, in. (mm) . . . . .	10.8
$t_p$	Tebal pelat, in. (mm) . . . . .	Tabel 6.1
$t_s$	Tebal pengaku, in. (mm) . . . . .	6.10
$w$	Ukuran minimum las sudut, in. (mm) . . . . .	Tabel 9.2
$w$	Beban gravitas balok merata, kips setiap linier ft (N setiap linier mm) . . . .	Penjelasan 5.8
$w_u$	Beban terdistribusi pada balok, kips/ft (N/mm), menggunakan kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ . . . . .	10.8
$\phi_d$	Faktor ketahanan untuk keadaan batas daktail . . . . .	2.4.1
$\phi_n$	Faktor ketahanan untuk keadaan batas nondaktail . . . . .	2.4.1



## Daftar istilah

*Air carbon arc cutting.* Proses pemotongan baja oleh panas dari busur listrik diterapkan secara bersamaan dengan jet udara.

*Backing.* Sepotong metal atau material lain, ditempatkan pada *pangkal* las untuk memfasilitasi penempatan dari lintasan *root*.

*Backgouge.* Proses membersihkan dengan menggerinda atau *air carbon arc cutting* semua atau sebagian dari lintasan *root* dari suatu las tumpul penetrasi-*joint*-lengkap, dari sisi balik suatu *joint* dari mana suatu *root* awalnya ditempatkan.

*Cascaded weld ends.* Metode penghentian suatu las di mana titisan las selanjutnya dihentikan pendek dari titisan sebelumnya, menghasilkan suatu efek kaskade.

*Concrete structural pelat (pelat beton struktural).* Pelat beton bertulang atau isi beton pada dek baja dengan ketebalan total 3 in. (75 mm) atau lebih besar dan kekuatan tekan beton lebih dari 2000 psi (14 MPa).

*Nonfusible backing.* Material *Backing* yang tidak akan menyatu dengan metal dasar selama proses pengelasan.

*Plastic hinge location (Lokasi sendi plastis).* Lokasi dalam suatu rakitan balok-kolom di mana dissipasi energi inelastis dianggap terjadi melalui pengembangan regangan lentur plastis.

*Probable maximum moment at the plastic hinge (Momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis).* Momen ekspektasi yang disalurkan pada suatu lokasi sendi plastis sepanjang komponen struktur, mempertimbangkan kemungkinan nilai rata-rata kekuatan material untuk baja yang disyaratkan dan efek dari pengerasan regangan.

*Reinforcing fillet (Las sudut penguat).* Las sudut diterapkan pada suatu *joint*-T dilas tumpul untuk memperoleh suatu kontur untuk mereduksi konsentrasi tegangan yang terkait dengan geometri *joint*.

*Root.* Bagian dari las multi-lintasan yang tertimbun dalam lintasan pertama pengelasan.

*Thermal cutting (Pemotongan termal).* Kelompok proses pemotongan metal dengan pelelehan terlokalisasi, dengan pembakaran atau dengan uap.

*Weld tab.* Potongan logam yang ditempelkan pada ujung suatu *joint* las untuk memfasilitasi inisiasi dan penghentian las melewati luar *joint* struktural.



## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang 'Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik' merupakan standar baru dan adopsi identik dari AISI 358-10, *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Application*.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja (SK TIM) pada Subpanitia Teknis Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 03.1: 2007 dan dibahas dalam forum konsensus yang diselenggarakan di Bandung pada tanggal 1 Oktober 2012 yang melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.





## Pendahuluan

Standar ini menetapkan desain, pendetailan, fabrikasi dan kriteria kualitas untuk sambungan prakualifikasi menurut AISC *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai AISC *Seismic Provision*) digunakan pada Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM). Sambungan yang ada dalam Standar ini terprakualifikasi memenuhi persyaratan AISC *Specification for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai AISC *Specification*) hanya bila dirancang dan dilaksanakan menurut persyaratan Standar ini. Standar ini tidak menghalangi penggunaan tipe sambungan yang ada disini diluar keterbatasan yang dinyatakan, atau penggunaan tipe sambungan lain, bila ada cukup bukti kualifikasi yang memenuhi SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan diajukan kepada pihak yang berwenang.

Semua desain, material dan pengerjaan harus sesuai dengan persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan Standar ini. Sambungan yang ada dalam Standar ini harus dirancang menurut ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Sambungan yang dirancang menurut Standar ini boleh digunakan pada struktur yang dirancang menurut ketentuan DFBK atau Desain Kekuatan Izin (DKI) dari SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Standar ini merupakan bagian ke tiga dari SNI 1729 Peraturan Baja Struktural Indonesia untuk Bangunan Gedung, yang merupakan adopsi identik dari ANSI/AISC 358-10 dan ANSI/AISC 358s1-11 dengan judul *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*.

Standar ini berisikan ketentuan prosedur perancangan dan syarat pendetailan sambungan balok ke kolom untuk Rangka Momen Khusus dan Rangka Momen Menengah, yang telah teruji kehandalannya dan memenuhi ketentuan-ketentuan Bagian ke dua dari SNI 1729, *Ketentuan Desain Tahan Gempa untuk Struktur Gedung Baja*.

Dua dari enam sambungan yang direkomendasikan dalam standar ini dilindungi oleh paten yang terdaftar sehingga diperlukan adanya izin dalam penggunaannya.

Standar ini tetap mempertahankan dua satuan, yaitu SI dan Imperial, dimaksudkan agar penggunaannya dapat tetap meluas secara internasional.



## 1 Umum

### 1.1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan desain, pendetailan, fabrikasi dan kriteria kualitas untuk sambungan prakualifikasi menurut AISC *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai AISC *Seismic Provision*) digunakan pada Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM). Sambungan yang ada dalam Standar ini terprakualifikasi memenuhi persyaratan AISC *Specification for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai AISC *Specification*) hanya bila dirancang dan dilaksanakan menurut persyaratan Standar ini. Standar ini tidak menghalangi penggunaan tipe sambungan yang ada disini diluar keterbatasan yang dinyatakan, atau penggunaan tipe sambungan lain, bila ada cukup bukti kualifikasi yang memenuhi SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan diajukan kepada pihak yang berwenang.

### 1.2 Acuan Normatif

Standar berikut merupakan bagian dari Standar ini bila diacu dan dapat diberlakukan:

American Institute of Steel Construction (AISC)

ANSI/AISC 341-10 *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai AISC *Seismic Provision*)

ANSI/AISC 360-10 *Specification for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai AISC *Specification*)

ASTM International (ASTM)

A354-07a *Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners*

A370-09 *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*

A488/A488M-10 *Standard Practice for Steel Castings, Welding, Qualifications of Procedures and Personnel*

A574-11 *Standard Specification for Alloy Steel Socket Head Cap Screws*

A609/A609M-91(2007) *Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof*

A781/A781M-11 *Standard Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use*

A802/A802M-95(2010) *Standard Practice for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Visual Examination*

A903/A903M-99(2007) *Standard Specification for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Magnetic Particle and Liquid Penetrant Inspection*

A958/A958M-10 *Standard Specification for Steel Castings, Carbon and Alloy, with Tensile Requirements, Chemical Requirements Similar to Standard Wrought Grades*

B19-10 *Standard Specification for Cartridge Brass Sheet, Strip, Plate, Bar, and Disks*

B36/B36M *Standard Specification for Brass Plate, Sheet, Strip, And Rolled Bar*

E186-10 *Standard Reference Radiographs for Heavy Walled (2 to 4 1/2 in. (50.8 to 114 mm)) Steel Castings*



E446-10 *Standard Reference Radiographs for Steel Castings Up to 2 in. (50.8 mm) in Thickness*

E709-08 *Standard Guide for Magnetic Particle Examination*

American Welding Society (AWS)

AWS D1.1/D1.1M-2010 *Structural Welding Code—Steel*

AWS D1.8/D1.8M-2009 *Structural Welding Code—Seismic Supplement*

Manufacturers Standardization Society (MSS)

MSS SP-55-2006 *Quality Standard for Steel Castings for Valves, Flanges and Fittings and Other Piping Components —Visual Method for Evaluation of Surface Irregularities*

Research Council on Structural Connections (RCSC)

*Specification for Structural Joints using High-Strength Bolts*, 2009 (selanjutnya disebut sebagai RCSC Specification)

### 1.3 Umum

Semua desain, material dan pengerjaan harus sesuai dengan persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan Standar ini. Sambungan yang ada dalam Standar ini harus dirancang menurut ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Sambungan yang dirancang menurut Standar ini boleh digunakan pada struktur yang dirancang menurut ketentuan DFBK atau Desain Kekuatan Izin (DKI) dari *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.



## 2 Persyaratan desain

### 2.1 Tipe sambungan Rangka Momen Khusus dan Menengah

Tipe sambungan yang tertera dalam Tabel 2.1 sudah terpraktualifikasi untuk digunakan dalam penyambungan balok ke sayap kolom pada Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM) di dalam batas yang disyaratkan dalam Standar ini.

TABEL 2.1 Sambungan Momen Terpraktualifikasi		
Tipe Sambungan	Bab	Sistem
Penampang Balok Tereduksi (PBT)	5	RMK,RMM
Pelat-Ujung Diperpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku (PUDBTP)	6	RMK,RMM
Pelat-Ujung Diperpanjang Berbaut Dengan Pengaku (PUBDP)	6	RMK,RMM
Pelat Sayap Berbaut (PSB)	7	RMK,RMM
Sayap Tanpa Penguat Dilas - Badan Dilas (STPD-BD)	8	RMK,RMM
Konsol Berbaut Kaiser (KBK)	9	RMK,RMM
Sambungan momen ConXtech ConXL	10	RMK,RMM

### 2.2 Kekakuan sambungan

Semua sambungan yang terkandung dalam Standar ini harus diperhitungkan tertahan penuh (Tipe TP) untuk tujuan analisis seismik.

### 2.3 Komponen struktur

Sambungan yang ada dalam Standar ini adalah sambungan praktualifikasi memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* bila digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen struktur yang memenuhi pembatasan Pasal 2.3.1 atau 2.3.2, yang sesuai.

#### 2.3.1 Komponen Struktur WF Gilas

Komponen struktur WF gilas harus sesuai dengan pembatasan profil penampang melintang yang berlaku untuk sambungan spesifik dalam Standar ini.

#### 2.3.2 Komponen Struktur Tersusun

Komponen struktur tersusun yang memiliki penampang melintang simetris ganda, penampang melintang bentuk-I harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Sayap dan badan harus memiliki lebar, tinggi penampang dan ketebalan mirip dengan profil penampang WF gilas memenuhi batasan profil untuk penampang WF berlaku untuk sambungan spesifik dalam Standar ini, dan
- (2) Badan harus secara menerus disambungkan ke sayap memenuhi persyaratan Pasal 2.3.2a atau 2.3.2b, yang sesuai.

##### 2.3.2a Balok Tersusun

Badan dan sayap-sayap harus disambungkan menggunakan las tumpul Penetrasi Penuh dengan sepasang las-las *sudut perkuatan* dalam zona yang membentang dari ujung balok ke suatu jarak tidak kurang dari satu tinggi penampang balok di luar *lokasi sendi plastis*,  $S_h$ , kecuali secara khusus diatur dalam Standar ini. Ukuran minimum las sudut ini harus terkecil dari 5/16 in. (8 mm) dan ketebalan badan balok.



**Pengecualian:** Ketentuan ini tidak berlaku bila masing-masing sambungan prakualifikasi mensyaratkan persyaratan lain.

### 2.3.2b Kolom Tersusun

Kolom tersusun harus memenuhi ketentuan subpasal (1) sampai (4), yang sesuai. Kolom tersusun harus memenuhi persyaratan SNI *Spesifikasi* kecuali dimodifikasi dalam Pasal ini. Penyaluran semua gaya internal dan tegangan-tegangan antara elemen-elemen kolom tersusun harus melalui las-las.

#### (1) Kolom Berbentuk I

Elemen kolom berbentuk-I tersusun harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Di dalam suatu zona yang diperluas dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas pada 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, kecuali secara khusus diatur dalam Standar ini, badan dan sayap kolom harus disambungkan menggunakan las tumpul penetrasi penuh dengan sepasang las sudut perkuatan. Ukuran minimum las sudut harus terkecil dari 5/16 in. (8 mm) dan ketebalan badan kolom.

#### (2) Kolom Boks WF

Profil WF dari kolom boks WF harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Rasio lebar-terhadap-tebal,  $b/t$ , dari pelat yang digunakan sebagai sayap tidak boleh melebihi,  $0,6\sqrt{E/F_y}$ , dimana  $b$  harus diambil tidak kurang dari jarak bersih antara pelat.

Rasio lebar-terhadap-tebal,  $h/t_w$ , dari pelat-pelat hanya digunakan sebagai badan harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Di dalam suatu zona yang diperluas dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas ke 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, sayap dan pelat-pelat dari kolom Boks WF harus dihubungkan dengan las-las tumpul penetrasi penuh. Di luar zona ini, elemen-elemen pelat harus secara menerus disambungkan dengan las-las sudut atau tumpul.

#### (3) Kolom Boks Tersusun

Rasio lebar-terhadap-tebal,  $b/t$ , dari pelat-pelat yang digunakan sebagai sayap tidak boleh melebihi,  $0,6\sqrt{E/F_y}$ , dimana  $b$  harus diambil tidak kurang dari jarak bersih antara pelat-pelat badan.

Rasio lebar-terhadap-tebal,  $h/t_w$ , dari pelat-pelat yang hanya digunakan sebagai badan harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Di dalam suatu zona yang diperluas dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas ke 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, sayap dan pelat-pelat badan dari kolom boks harus dihubungkan dengan las-las tumpul penetrasi penuh. Di luar zona ini, badan kolom boks dan pelat-pelat sayap harus secara menerus disambungkan dengan las-las sudut atau tumpul.



#### (4) Kolom *King-Cross*

Elemen-elemen kolom *king-cross*, apakah difabrikasi dari bentuk-bentuk gilas atau tersusun dari pelat-pelat, harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Dalam suatu zona yang diperpanjang dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas ke 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, badan penampang berbentuk-T harus dilas ke badan penampang berbentuk-I menerus dengan las-las tumpul penetrasi penuh dengan sepasang las-las sudut perkuatan. Ukuran minimum las sudut harus terkecil dari 5/16 in. (8 mm) atau ketebalan badan kolom. Pelat-pelat penerus harus memenuhi persyaratan untuk kolom-kolom sayap-lebar.

### 2.4 Parameter desain sambungan

#### 2.4.1 Faktor Ketahanan

Bila kekuatan tersedia dihitung menurut *SNI Spesifikasi*, faktor ketahanan yang disyaratkan di dalamnya harus diterapkan. Apabila kekuatan tersedia dihitung menurut Standar ini, faktor ketahanan  $\phi_d$  dan  $\phi_n$  harus digunakan seperti disyaratkan dalam pasal yang berlaku dari Standar ini. Nilai  $\phi_d$  dan  $\phi_n$  harus diambil sebagai berikut:

- (a) Untuk keadaan batas daktail  $\phi_d = 1,00$
- (b) Untuk keadaan batas nondaktail:  $\phi_n = 0,90$

#### 2.4.2 Lokasi Sendi Plastis

Jarak sendi plastis dari muka kolom,  $S_h$ , harus diambil menurut persyaratan untuk sambungan individual seperti disyaratkan di sini.

#### 2.4.3 Momen Maksimum yang Mungkin Terjadi pada Sendi Plastis

Momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis harus:

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_y Z_e \quad (2.4.3-1)$$

keterangan

$M_{pr}$  adalah momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis, kip-in. (N-mm)

$R_y$  adalah rasio tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan  $F_y$  seperti disyaratkan dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

$Z_e$  adalah modulus penampang plastis efektif dari penampang (atau sambungan) pada lokasi sendi plastis, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$C_{pr}$  adalah faktor untuk memperkirakan kekuatan puncak sambungan, termasuk pengerasan regangan, pengekangan lokal, penguatan/penulangan



tambahan, dan kondisi-kondisi sambungan lainnya. Kecuali selain itu secara khusus dinyatakan dalam standar ini, nilai  $C_{pr}$  harus:

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \leq 1,2 \quad (2.4.3-2)$$

keterangan

$F_y$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari pelelehan elemen, ksi (MPa)

$F_u$  adalah kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari pelelehan elemen, ksi (MPa)

#### 2.4.4 Pelat penerus

Pelat penerus sayap balok harus disediakan menurut *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

##### Pengecualian:

1. Untuk sambungan pelat-ujung berbaut, pelat penerus harus disediakan menurut Pasal 6.7.
2. Untuk sambungan konsol berbaut Kaiser, ketentuan Bab 9 harus diterapkan.

Bila pelat penerus disyaratkan oleh Bab 9, ketebalan dan pendetailan harus memenuhi *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

#### 2.5 Zona panel

Zona panel harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

#### 2.6 Zona terlindung

Zona terlindung harus seperti yang didefinisikan bagi setiap sambungan terpraktualifikasi. Kecuali secara khusus dinyatakan dalam Standar ini, zona terlindung balok harus didefinisikan sebagai daerah dari muka sayap kolom ke setengah tinggi balok di luar sendi plastis. Zona terlindung harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, kecuali seperti ditunjukkan dalam Standar ini. Lubang-lubang baut dalam badan balok, bila didetail menurut ketentuan sambungan individual dari Standar ini, harus diizinkan.



### 3 Persyaratan pengelasan

#### 3.1 Metal pengisi

Metal pengisi harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

#### 3.2 Prosedur pengelasan

Prosedur pengelasan harus mengikuti SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

#### 3.3 *Backing* pada *joint* balok-ke-kolom dan pelat penerus-ke-kolom

##### 3.3.1 *Backing* Baja pada Pelat Penerus

*Backing* baja yang digunakan pada pengelasan pelat penerus-ke-kolom, tidak perlu dilepas. Pada sayap kolom, *backing* baja yang tidak dilepas harus ditempelkan ke sayap kolom dengan menggunakan las sudut menerus berukuran 5/16 in. (8 mm) pada tepi di bawah las tumpul penetrasi penuh.

Bila *backing* dilepas, lintasan *root* harus di-*backgouge* sampai mengenai metal las dan dilas kembali dengan suatu las sudut penguat. Las sudut penguat tersebut harus menerus dengan ukuran minimum 5/16 in. (8 mm).

##### 3.3.2 *Backing* Baja pada Sayap Bawah Balok

Bila *backing* baja digunakan dengan las tumpul penetrasi penuh antara sayap bawah balok dan kolom, *backing* harus dilepas.

Setelah pelepasan *backing* baja, lintasan *root* harus di-*backgouge* sampai mengenai metal las dan dilas kembali dengan suatu las sudut penguat. Ukuran kaki las sudut penguat pada sisi sayap kolom harus minimum 5/16 in. (8 mm), dan kaki las sudut penguat pada sisi sayap balok, harus sedemikian rupa sehingga ujung runcing dari las sudut tersebut berada di metal dasar sayap balok.

**Pengecualian:** Jika metal dasar dan *root* las diratakan halus setelah pelepasan *backing*, las sudut penguat pada sisi sayap balok tidak perlu diteruskan sampai ke metal dasar.

##### 3.3.3 *Backing* Baja pada Sayap Atas Balok

Bila *backing* baja digunakan dengan las tumpul penetrasi penuh antara sayap atas balok dan kolom, dan *backing* baja tidak dilepas, *backing* baja harus ditempelkan ke kolom dengan suatu las sudut menerus berukuran 5/16 in. (8 mm) pada tepi di bawah las tumpul penetrasi penuh.

##### 3.3.4 Las yang Dilarang pada *Backing* Baja

*Backing* pada *joint* sayap balok-ke-sayap kolom tidak boleh dilas ke sisi bawah dari sayap balok, demikian juga las titik tidak diizinkan pada lokasi ini. Jika las sudut atau las titik terlanjur dilakukan antara *backing* dan sayap balok, maka harus diperbaiki sebagai berikut:

- (1) Las harus dihilangkan sehingga las sudut atau las titik tidak lagi menghubungkan *backing* ke sayap balok.



- (2) Permukaan sayap balok harus diratakan kembali tanpa cacat.
- (3) *Gouge* atau takik harus diperbaiki. Las perbaikan harus dilakukan dengan elektrode E7018 SMAW atau metal pengisi lainnya yang memenuhi persyaratan Pasal 3.1 untuk las kritis perlu. Spesifikasi prosedur pengelasan khusus (SPP) diperlukan untuk perbaikan ini. Setelah pengelasan, las perbaikan harus diratakan halus.

### 3.3.5 *Backing* yang tidak dapat menyatu pada *Joint* Sayap Balok-ke-Kolom

Bila *backing* yang tidak dapat menyatu digunakan pada las tumpul penetrasi penuh antara sayap balok dan kolom, *backing* harus dilepas dan *root* di-*backgouge* sampai ke metal las dan dilas kembali dengan las sudut penguat. Ukuran kaki las sudut penguat pada sisi sayap kolom harus minimum 5/16 in. (8 mm), dan kaki las sudut penguat pada sisi sayap balok, harus sedemikian rupa sehingga ujung runcing dari las sudut tersebut berada di metal dasar sayap balok.

**Pengecualian:** Jika metal dasar dan *root* las diratakan halus setelah pelepasan *backing*, las sudut penguat pada sisi sayap balok tidak perlu diteruskan sampai ke metal dasar.

### 3.4 Detail dan pengerjaan las tab

Bila digunakan, las *tab* harus dihilangkan sampai dengan 1/8 in. (3 mm) dari permukaan metal dasar dan ujung pengakhiran las, kecuali pada pelat penerus di mana penghilangan sampai dengan 1/4 in. (6 mm) dari tepi pelat diizinkan. Penghilangan harus dengan *air carbon arc cutting* (CAC-A), penggerindaan, *chipping* atau *pemotongan termal*. Proses harus diawasi untuk menghindari *gouging* yang salah. Tepi-tepi di mana las *tab* dihilangkan harus memiliki kekasaran permukaan jadi 500  $\mu$ -in. (13 mikron) atau lebih baik. Kontur akhir las harus memiliki transisi yang mulus sampai ke permukaan yang bersebelahan, bebas takik, *gouge* dan sudut tajam. Cacat las yang lebih besar dari kedalaman 1/16 in. (1,5 mm) harus dikorek dan diperbaiki dengan pengelasan mengikuti SPP yang berlaku. Cacat las lainnya harus dihilangkan dengan penggerindaan, dengan kemiringan tidak lebih besar dari 1:5.

### 3.5 Las titik

Pada zona terlindung, las titik yang menempelkan *backing* dan las *tab* harus diletakan di tempat yang menyatu dengan las akhir.

### 3.6 Pelat penerus

Sepanjang badan, potongan sudut harus didetail sehingga potongan tersebut melebihi jarak sedikitnya 1½ in. (38 mm) dari dimensi  $k_{det}$  dalam tabel untuk profil gilas. Sepanjang sayap, pelat harus dipotong untuk menghindari terganggunya radius sudut profil gilas dan harus didetail sedemikian sehingga potongan tidak melebihi jarak ½ in. (12 mm) melebihi dimensi  $k_1$ . Potongan harus didetail untuk memfasilitasi penghentian las yang baik untuk las sayap dan las badan. Bila digunakan potongan sudut berbentuk lengkung, maka harus memiliki radius minimum ½ in. (12 mm).

Pada ujung las yang berdekatan dengan pertemuan badan/sayap kolom, las *tab* untuk pelat penerus tidak boleh digunakan, kecuali bila diizinkan oleh ahli yang bertanggungjawab. Kecuali ditetapkan untuk dihilangkan oleh ahli yang bertanggungjawab, las *tab* tidak boleh dihilangkan bila digunakan pada lokasi ini.

Bila las pelat penerus dibuat tanpa las *tab* dekat radius sudut kolom, lapisan las harus diizinkan bertransisi dengan sudut 0° sampai 45° diukur dari bidang vertikal. Panjang efektif las harus ditetapkan sebagai bagian dari las yang memiliki ukuran penuh. Pengujian



nondestruktif (PND) tidak diperlukan pada bagian yang meruncing atau bagian transisi las yang tidak memiliki ukuran penuh.

### **3.7 Pengendalian mutu dan penjaminan mutu**

Pengendalian mutu dan penjaminan mutu harus menurut *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.





## 4. Persyaratan pembautan

### 4.1 Rakitan pengencang

Baut harus baut kekuatan-tinggi berpratarik yang memenuhi ASTM A325/A325M, A490/A490M, F1852 atau F2280, kecuali pengencang lainnya diizinkan oleh suatu sambungan khusus.

### 4.2 Persyaratan pemasangan

Persyaratan pemasangan harus menurut *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan *RCSC Specification*, kecuali dinyatakan lain secara khusus dalam Standar ini.

### 4.3 Pengendalian mutu dan penjaminan mutu

Pengendalian mutu dan penjaminan mutu harus menurut *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.





## 5. Sambungan momen Penampang Balok Tereduksi (PBT)

### 5.1 Umum

Dalam suatu sambungan momen Penampang Balok Tereduksi (PBT) (Gambar 5.1), bagian dari sayap balok secara selektif dipangkas di daerah dekat sambungan balok-ke-kolom. Pelelehan dan pembentukan sendi dimaksudkan terjadi terutama di penampang balok tereduksi.

### 5.2 Sistem

Sambungan PBT adalah sambungan terprakualifikasi untuk penggunaan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM) dalam batas-batas ketentuan ini.

### 5.3 Batas prakualifikasi

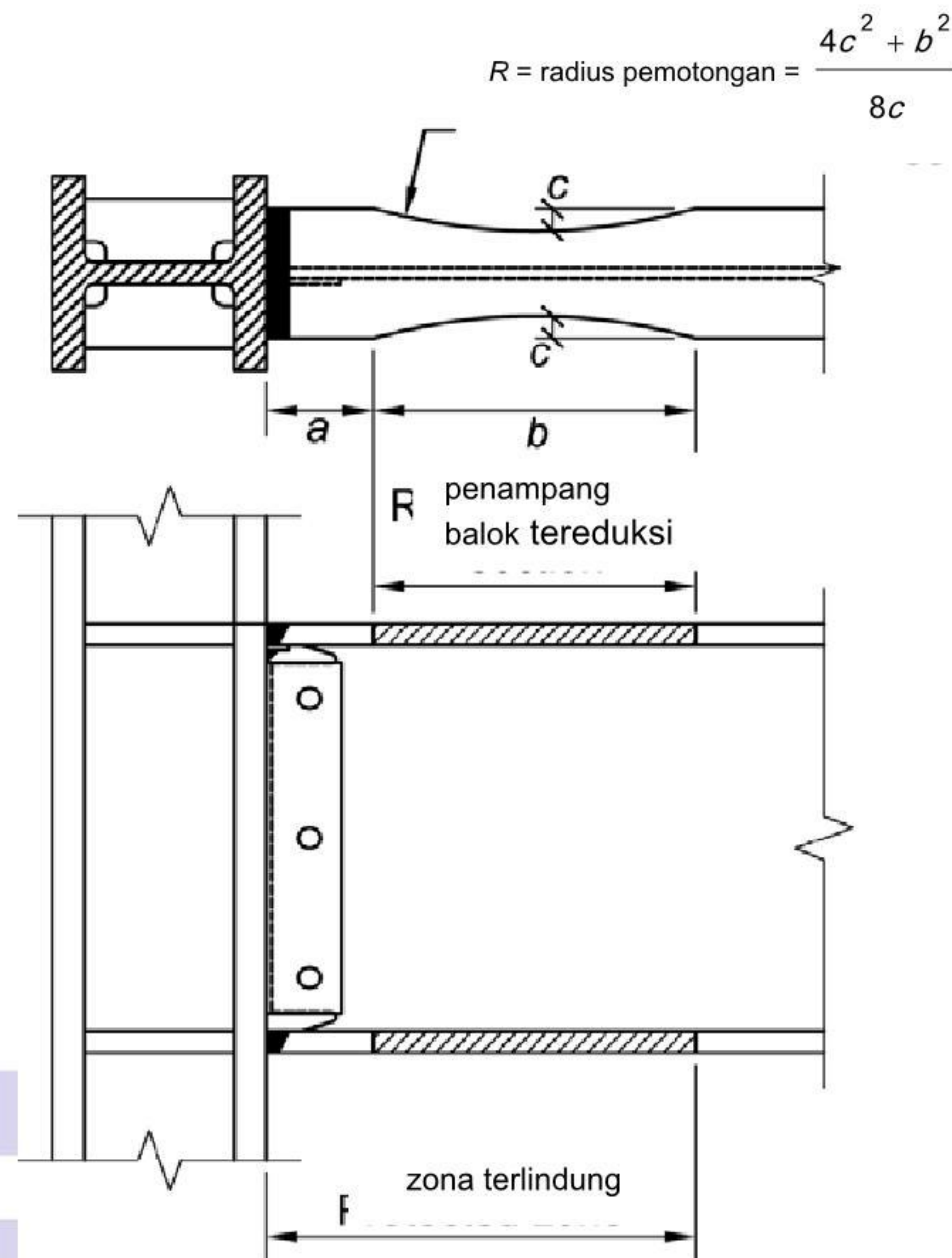
#### 5.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus berupa profil WF gilas atau komponen struktur profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai dengan W36 (W920) untuk profil gilas. Tinggi penampang profil tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil WF gilas.
- (3) Berat balok dibatasi sampai 300 lb/ft (447 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok dibatasi sampai 1¾ in. (44 mm).
- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok harus dibatasi sebagai berikut:
  - (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
  - (b) Untuk sistem RMM, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Dalam menentukan rasio lebar-ke-ketebalan sayap, nilai  $b_f$  tidak boleh diambil kurang dari lebar sayap pada ujung dari dua pertiga tengah dari penampang tereduksi yang ada di mana beban gravitasi tidak menggeser lokasi sendi plastis secara signifikan dari jarak pusat penampang balok tereduksi.





**Gambar 5.1. Sambungan penampang balok tereduksi**

- (7) Breising lateral balok harus disediakan memenuhi persyaratan dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Breising lateral tambahan harus disediakan di dekat penampang tereduksi memenuhi persyaratan dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* untuk breising lateral yang disediakan dekat dengan sendi plastis.

Bila breising lateral tambahan disediakan, pengikatannya ke balok harus ditempatkan tidak lebih besar dari  $d/2$  melewati ujung penampang balok tereduksi terjauh dari muka kolom, di mana  $d$  adalah tinggi penampang balok. Pengikatan breising lateral pada balok tidak boleh berada di daerah antara muka kolom dan akhir dari penampang tereduksi yang terjauh dari muka kolom.

**Pengecualian:** Untuk kedua sistem, dimana balok memikul *pelat beton struktural* yang disambung antara zona terlindung dengan konektor geser yang dilas berjarak maksimum 12 in. (300 mm) pusat-ke-pusat, breising sayap atas dan bawah tambahan pada penampang tereduksi tidak diperlukan.

- (8) Zone terlindung harus terdiri dari bagian balok antara muka kolom dan ujung penampang balok tereduksi yang terjauh dari muka kolom.



### 5.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Kolom harus berupa profil gilasan atau penampang tersusun yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus tersambung ke sayap kolom.
- (3) Tinggi penampang profil gilasan kolom harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920). Tinggi penampang profil kolom WF tersusun tidak boleh melebihi persyaratan untuk profil gilasan. Kolom *king-cross* tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gilasan. Kolom-boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang yang melebihi 24 in. (610 mm). Kolom Boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang yang melebihi 24 in. (610 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen ortogonal.
- (4) Tidak ada batasan terhadap berat per satuan panjang kolom.
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk ketebalan sayap.
- (6) Rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (7) Bresing lateral kolom harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

### 5.4 Pembatasan hubungan kolom-balok

Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (2) Rasio momen kolom-balok harus dibatasi sebagai berikut:
  - (a) Untuk sistem RMK, rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Nilai  $\Sigma M^*_{pb}$  harus diambil sama dengan  $\Sigma(M_{pr} + M_{uv})$ , di mana  $M_{pr}$  dihitung menurut Persamaan 5.8-5, dan  $M_{uv}$  adalah momen tambahan akibat amplifikasi geser dari pusat penampang balok tereduksi pada sumbu kolom.  $M_{uv}$  dapat dihitung sebagai  $V_{RBS}(a + b/2 + d_c/2)$ , di mana  $V_{RBS}$  adalah geser pada pusat penampang balok tereduksi yang dihitung pada Langkah 4 Pasal 5.8,  $a$  dan  $b$  adalah dimensi yang diperlihatkan dalam Gambar 5.1, and  $d_c$  adalah tinggi penampang kolom.
  - (b) Untuk sistem RMM, rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.



## 5.5 Pembatasan las sayap balok-ke-sayap kolom

Sambungan sayap balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Sayap balok harus disambungkan ke sayap kolom dengan menggunakan las tumpul Penetrasi *Penuh*. Las sayap balok harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (2) Geometri lubang akses las harus memenuhi persyaratan SNI *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*.

## 5.6 Pembatasan sambungan badan balok-ke-sayap kolom

Sambungan badan balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Kekuatan geser perlu sambungan badan balok harus ditentukan menurut Persamaan 5.8-9.
- (2) Detail sambungan badan harus dibatasi sebagai berikut:
  - (a) Untuk sistem RMK, badan balok harus disambungkan ke sayap kolom menggunakan las tumpul penetrasi penuh di antara lubang akses las. Sambungan geser pelat tunggal harus di antara lubang akses las seperti diperlihatkan dalam Gambar 5.1. Sambungan geser pelat-tunggal diizinkan untuk digunakan sebagai *backing* untuk las tumpul penetrasi penuh. Ketebalan pelat harus paling sedikit 3/8 in. (10 mm). Las *tab* (*weld tabs*) tidak diperlukan pada ujung-ujung las tumpul penetrasi penuh pada badan balok. Lubang baut pada badan balok untuk keperluan ereksi diizinkan.
  - (b) Untuk sistem RMM, badan balok harus disambungkan ke sayap kolom seperti yang disyaratkan untuk sistem RMK.

**Pengecualian:** Untuk RMM, diizinkan untuk menyambungkan badan balok ke sayap kolom dengan menggunakan sambungan geser pelat tunggal yang dibaut. Sambungan geser pelat tunggal yang dibaut harus dirancang sebagai sambungan slip-kritis, dengan ketahanan slip desain per baut yang ditentukan menurut SNI *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Untuk pembebanan seismik, kekuatan tumpuan nominal pada lubang baut tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang diberikan oleh Persamaan J3-6a SNI *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Kekuatan geser desain sambungan geser pelat tunggal harus ditentukan berdasarkan pada pelelehan geser penampang bruto dan pada keruntuhan geser penampang neto. Pelat harus dilas ke sayap kolom dengan las tumpul penetrasi penuh, atau dengan las sudut pada kedua sisi pelat. Ukuran minimum las sudut pada setiap sisi pelat harus 75 % dari ketebalan pelat. Lubang-lubang standar harus disediakan pada badan balok dan pada pelat, kecuali pada lubang-lubang dislot-pendek (dengan slot paralel terhadap sayap-sayap balok) dapat digunakan di badan balok atau di dalam pelat, tetapi tidak pada keduanya. Baut-baut diizinkan dipratarik sebelum atau setelah pengelasan.



### 5.7. Fabrikasi pemotongan sayap

Penampang balok tereduksi harus dibuat menggunakan *pemotongan termal* untuk menghasilkan lengkungan yang mulus. Kekasaran permukaan maksimum dari permukaan yang dipotong secara termal harus 500  $\mu$ -in. (13 mikron) menurut ANSI B46.1, yang diukur menggunakan AWS C4.1-77 Sampel 4 atau suatu komparator visual serupa. Semua transisi antara penampang balok tereduksi dan sayap balok yang tidak dimodifikasi harus dibundarkan dalam arah panjang sayap untuk memperkecil efek takik akibat transisi yang mendadak. Sudut-sudut antara permukaan penampang tereduksi dan bagian atas dan bagian bawah sayap harus diratakan agar tidak tajam, tetapi *chamfer* atau radius minimum tidak disyaratkan.

Toleransi pemotongan termal harus positif atau negatif 1/4 in. (6 mm) dari garis pemotongan teoretikal. Lebar sayap efektif balok pada setiap penampang harus memiliki toleransi plus atau minus 3/8 in. (10 mm).

*Gouge* dan takik yang terjadi dalam pemotongan secara termal permukaan PBT dapat diperbaiki dengan penggerindaan jika tidak lebih dalam dari 1/4 in. (6 mm). Area *gouge* atau takikan harus diratakan dengan penggerindaan sehingga terbentuk transisi yang mulus, dan panjang total area untuk transisi harus tidak kurang dari lima kali kedalaman dari *gouge* pada setiap sisi *gouge*. Jika terjadi takik yang tajam, area tersebut harus diperiksa dengan pengujian partikel magnetik (MT) sesudah penggerindaan untuk memastikan bahwa keseluruhan kedalaman takik telah dihilangkan. Penggerindaan yang menambah kedalaman pemotongan PBT lebih dari 1/4 in. (6 mm) melebihi kedalaman pemotongan yang ditentukan tidak diizinkan.

*Gouge* dan takik yang melebihi kedalaman 1/4 in. (6 mm), tetapi tidak melebihi kedalaman 1/2 in. (12 mm), dan di mana takik dan *gouge* ini diperbaiki dengan penggerindaan akan menambah kedalaman efektif pemotongan PBT melebihi toleransi, dapat diperbaiki dengan pengelasan. Takik atau *gouge* harus dihilangkan dan diratakan agar menghasilkan suatu radius *root* yang mulus tidak kurang dari 1/4 in. (6 mm) untuk persiapan pengelasan. Area perbaikan harus dipanaskan dulu sampai temperatur minimum 150 °F (65 °C) atau nilai yang disyaratkan dalam AWS D1.1/D1.1M, pilih yang terbesar, diukur pada lokasi perbaikan las.

Takik dan *gouge* yang melebihi kedalaman 1/2 in. (12 mm) hanya boleh diperbaiki dengan suatu metode yang disetujui oleh insinyur profesional bersertifikat.

### 5.8. Prosedur desain

**Langkah 1.** Pilih nilai-nilai coba untuk penampang balok, penampang kolom dan dimensi PBT  $a$ ,  $b$  dan  $c$  (Gambar 5.1) mengikuti batas-batas:

$$0,5b_{bf} \leq a \leq 0,75b_{bf} \quad (5.8-1)$$

$$0,65d \leq b \leq 0,85d \quad (5.8-2)$$

$$0,1b_{bf} \leq c \leq 0,25b_{bf} \quad (5.8-3)$$

keterangan

$b_{bf}$  adalah lebar sayap balok, in. (mm)

$a$  adalah jarak horizontal dari muka sayap kolom ke awal pemotongan PBT, in. (mm)

$b$  adalah panjang pemotongan PBT, in. (mm)



- $c$  adalah kedalaman pemotongan pada pusat penampang balok tereduksi, in. (mm)  
 $d$  adalah tinggi penampang balok, in. (mm)

Pastikan bahwa balok dan kolom memenuhi semua kombinasi beban yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku, termasuk penampang balok tereduksi, dan bahwa simpangan tingkat desain untuk rangka memenuhi batas-batas yang berlaku yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku. Perhitungan simpangan elastis harus memperhitungkan efek penampang balok tereduksi. Sebagai pengganti dari perhitungan yang lebih detail, simpangan elastis efektif boleh dihitung dengan mengalikan simpangan elastis berdasarkan penampang balok bruto dengan 1.1 untuk reduksi sayap sampai dengan 50% dari lebar sayap balok. Interpolasi linier boleh digunakan untuk nilai reduksi yang lebih kecil dari reduksi lebar balok.

**Langkah 2.** Hitung modulus penampang plastis pada pusat penampang balok tereduksi:

$$Z_{RBS} = Z_x - 2ct_{bf}(d - t_{bf}) \quad (5.8-4)$$

keterangan

- $Z_{RBS}$  adalah modulus penampang plastis pada pusat penampang balok tereduksi, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)  
 $Z_x$  adalah modulus penampang plastis terhadap sumbu-x, untuk penampang balok penuh, in.<sup>3</sup>(mm<sup>3</sup>)  
 $t_{bf}$  adalah ketebalan sayap balok, in. (mm)

**Langkah 3.** Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi,  $M_{pr}$ , pada pusat penampang balok tereduksi:

$$M_{pr} = C_{pr}R_yF_yZ_{RBS} \quad (5.8-5)$$

**Langkah 4.** Hitung gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi di setiap ujung balok.

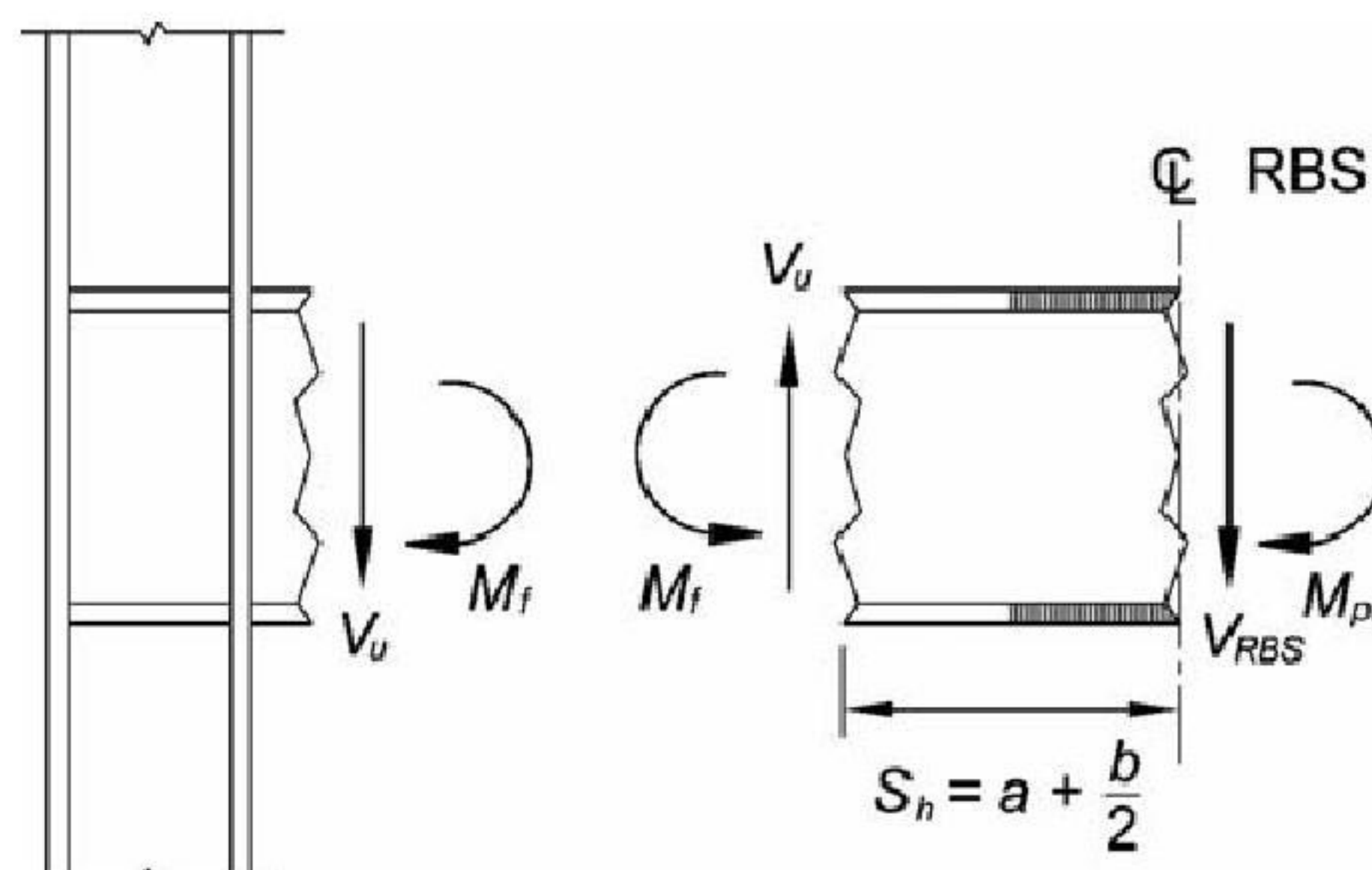
Gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi harus ditentukan dari diagram *free body* dari bagian balok antara pusat penampang balok tereduksi. Penghitungan ini harus mengasumsikan momen pada pusat setiap penampang balok tereduksi adalah  $M_{pr}$  dan harus termasuk beban gravitasi yang bekerja pada balok berdasarkan kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$ , dimana  $f_1$  adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5.

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  memenuhi SNI Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

**Langkah 5.** Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom.

Momen pada muka kolom harus dihitung dari suatu diagram *free-body* dari segmen balok antara pusat penampang balok tereduksi dan muka kolom, seperti diilustrasikan dalam Gambar 5.2.





**Gambar 5.2. Diagram *free-body* antara pusat PBT dan muka kolom.**

Berdasarkan diagram *free-body* ini, momen pada muka kolom dihitung sebagai berikut:

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS}S_h \quad (5.8-6)$$

keterangan

$M_f$	adalah	momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm)
$S_h$	adalah	jarak dari muka kolom ke sendi plastis, in. (mm)
	adalah	$a + b/2$ , in. (mm)
$V_{RBS}$	adalah	terbesar dari dua nilai gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung balok, kips (N)

Persamaan 5.8-6 mengabaikan beban gravitasi pada bagian balok antara pusat penampang balok tereduksi dan muka kolom. Jika diinginkan, beban gravitasi pada bagian kecil balok ini boleh dimasukkan dalam diagram *free-body* yang diperlihatkan dalam Gambar 5.2 dan dalam Persamaan 5.8-6.

**Langkah 6.** Hitung  $M_{pe}$ , momen plastis balok berdasarkan tegangan leleh ekspektasi:

$$M_{pe} = R_y F_y Z_x \quad (5.8-7)$$

**Langkah 7.** Periksa kekuatan lentur balok pada muka kolom:

$$M_f \leq \phi_d M_{pe} \quad (5.8-8)$$

Jika Persamaan 5.8-8 tidak terpenuhi, ubah nilai-nilai  $c$ ,  $a$  dan  $b$ , atau ubah ukuran penampang, dan ulangi Langkah 2 sampai dengan 7.

**Langkah 8.** Tentukan kekuatan geser yang disyaratkan,  $V_u$ , dari balok dan sambungan badan balok-ke-kolom dari:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (5.8-9)$$

keterangan

$V_u$	adalah	kekuatan geser perlu dari balok dan sambungan badan balok-ke- kolom, kips (N)
-------	--------	---



$L_h$  adalah jarak antara *lokasi sendi plastis*, in. (mm)

$V_{gravitasi}$  adalah gaya geser balok yang dihasilkan dari  $1,2D + f_1L + 0,2S$  (dimana  $f_1$  adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban-beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

Periksa kekuatan geser desain dari balok menurut Bab G SNI *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*.

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  memenuhi SNI Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

**Langkah 9.** Desain sambungan badan balok-ke-kolom menurut Pasal 5.6.

**Langkah 10.** Periksa persyaratan pelat penerus menurut Bab 2.

**Langkah 11.** Periksa pembatasan hubungan kolom-balok menurut Pasal 5.4.





## 6 Sambungan momen pelat-ujung berbaut diperpanjang tanpa dan dengan pengaku

### 6.1 Umum

Sambungan pelat-ujung berbaut dilakukan dengan pengelasan balok ke pelat-ujung dan pembautan pelat-ujung ke sayap kolom. Tiga konfigurasi pelat-ujung yang diperlihatkan dalam Gambar 6.1 tercakup dalam bab ini dan terpraktualifikasi menurut SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* di dalam pembatasan Standar ini.

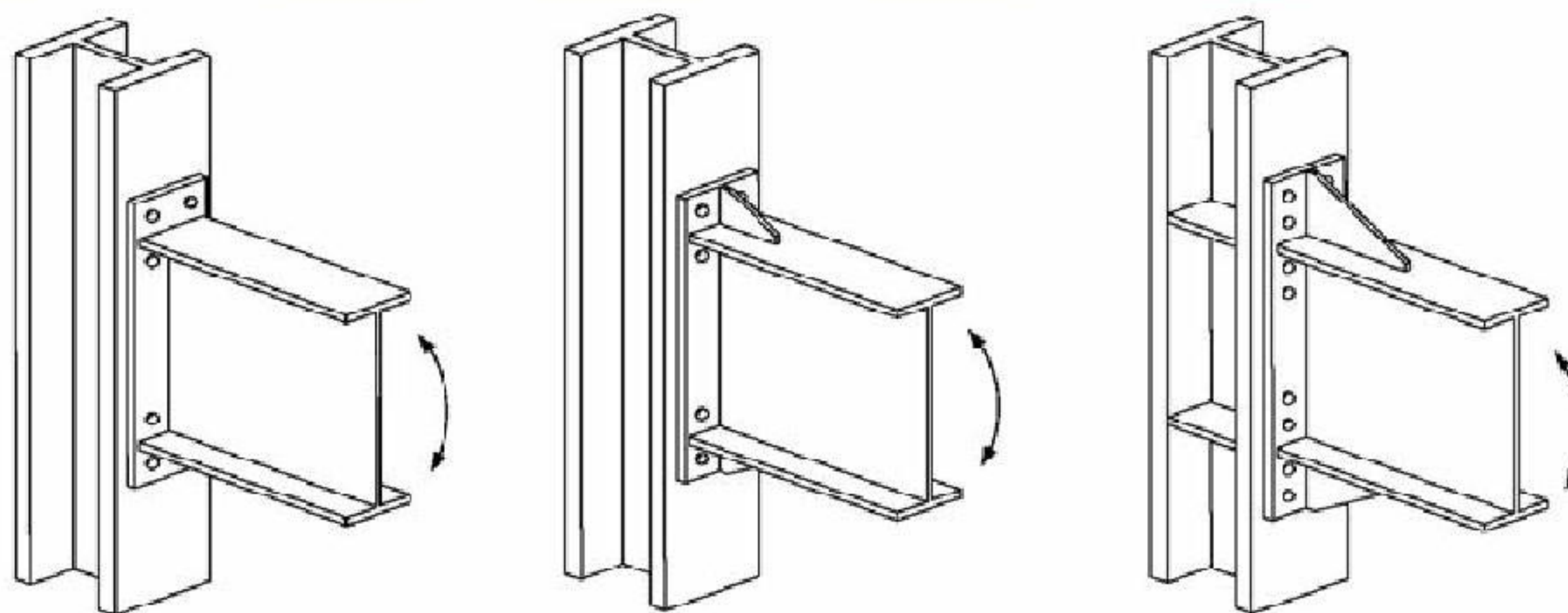
Perilaku tipe sambungan ini dapat ditentukan oleh beberapa keadaan batas yang berbeda termasuk pelelehan lentur penampang balok, pelelehan lentur pelat-ujung, pelelehan zona panel kolom, keruntuhan tarik baut pelat-ujung, keruntuhan geser baut pelat-ujung, atau keruntuhan berbagai *joint* yang dilas. Kriteria desain menetapkan kekuatan yang cukup dalam elemen-elemen sambungan untuk memastikan bahwa deformasi inelastis sambungan dicapai dengan pelelehan balok.

### 6.2 Sistem

Sambungan momen pelat-ujung yang diperpanjang terpraktualifikasi untuk digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM).

**Pengecualian:** Sambungan momen pelat-ujung yang diperpanjang dalam sistem RMK dengan *pelat beton struktural* yang hanya terpraktualifikasi jika:

- (1) Sebagai tambahan dari pembatasan Pasal 6.3, tinggi penampang nominal balok tidak kurang dari 24 in. (610 mm);



**Gambar 6.1. Konfigurasi pelat-ujung diperpanjang:**

- (a) empat-baut tanpa pengaku, 4E;  
(b) empat-baut dengan pengaku, 4ES; (c) delapan-baut dengan pengaku, 8ES.



**TABEL 6.1**  
**Pembatasan Parametrik pada Prakuifikasi**

	Tanpa pengaku dengan Empat-Baut (4E)		Dengan pengaku dengan Empat-Baut (4ES)		Dengan pengaku dengan Delapan-Baut (8ES)	
Parameter	Maksimum in. (mm)	Minimum in. (mm)	Maksimum in. (mm)	Minimum in. (mm)	Maksimum in. (mm)	Minimum in. (mm)
$t_{bf}$	$\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{3}{8}$ (10)	$\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{3}{8}$ (10)	1 (25)	$\frac{9}{16}$ (14)
$b_{bf}$	$9 \frac{1}{4}$ (235)	6 (152)	9 (229)	6 (152)	$12 \frac{1}{4}$ (311)	$7 \frac{1}{2}$ (190)
$d$	55 (1 400)	$13 \frac{3}{4}$ (349)	24 (610)	$13 \frac{3}{4}$ (349)	36 (914)	18 (457)
$t_p$	$2 \frac{1}{4}$ (57)	$\frac{1}{2}$ (13)	$1 \frac{1}{2}$ (38)	$\frac{1}{2}$ (13)	$2 \frac{1}{2}$ (64)	$\frac{3}{4}$ (19)
$b_p$	$10 \frac{3}{4}$ (273)	7 (178)	$10 \frac{3}{4}$ (273)	7 (178)	15 (381)	19 (229)
$g$	6 (152)	4 (102)	6 (152)	$3 \frac{1}{4}$ (83)	6 (152)	5 (127)
$p_{fi}, p_{fo}$	$4 \frac{1}{2}$ (114)	$1 \frac{1}{2}$ (38)	$5 \frac{1}{2}$ (140)	$1 \frac{3}{4}$ (44)	2 (51)	$1 \frac{5}{8}$ (41)
$p_b$	-	-	-	-	$3 \frac{3}{4}$ (95)	$3 \frac{1}{2}$ (89)
$b_{bf}$ adalah lebar sayap balok, in. (mm) $b_p$ adalah lebar pelat-ujung, in. (mm) $d$ adalah tinggi penampang balok penyambung, in. (mm) $g$ adalah jarak horizontal antara baut-baut, in. (mm) $p_b$ adalah jarak vertikal antara baris baut sebelah dalam dan sebelah luar dalam sambungan 8ES, in. (mm) $p_{fi}$ adalah jarak vertikal dari bagian dalam dari suatu sayap tarik balok ke baris baut bagian dalam terdekat, in. (mm) $p_{fo}$ adalah jarak vertikal dari bagian luar dari suatu sayap tarik balok ke baris baut bagian luar terdekat, in. (mm) $t_{bf}$ adalah ketebalan sayap balok, in.(mm) $t_p$ adalah ketebalan pelat-ujung, in. (mm)						

- (2) Tidak ada konektor geser dalam 1,5 kali tinggi penampang balok dari muka sayap kolom yang disambung; dan
- (3) Pelat beton struktural diletakkan paling sedikit 1 in. (25 mm) dari kedua sisi dari kedua sayap kolom. Diizinkan untuk menempatkan material kompresibel di celah antara sayap kolom dan pelat beton struktural.

### 6.3 Batas prakuifikasi

Tabel 6.1 adalah ringkasan dari rentang parameter-parameter yang telah diuji dengan hasil memuaskan. Semua elemen sambungan harus dalam rentang-rentang yang ditunjukkan.

### 6.4 Pembatasan balok

Balok-balok harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Balok harus komponen struktur WF gilas atau profil-I tersusun memenuhi persyaratan Pasal 2.3. Pada ujung-ujung tersambung-momen dari profil-profil tersusun dilas, dalam paling sedikit tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap, pilih yang terkecil, badan balok dan sayap harus disambungkan menggunakan suatu las tumpul Penetrasi Penuh atau sepasang las sudut yang masing-masing memiliki ukuran 75 % dari ketebalan badan balok tetapi tidak kurang dari  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm). Untuk selebihnya, ukuran las tidak boleh kurang dari yang disyaratkan untuk menyempurnakan penyaluran geser dari badan ke sayap.
- (2) Tinggi penampang balok,  $d$ , dibatasi sampai nilai-nilai yang diperlihatkan dalam Tabel 6.1.



- (3) Tidak ada pembatasan terhadap berat per satuan panjang balok.
- (4) Ketebalan sayap balok dibatasi sampai nilai-nilai yang diperlihatkan dalam Tabel 6.1.
- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok harus dibatasi sebagai berikut:
  - (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
  - (b) Untuk sistem RMM, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (7) Breising lateral balok harus disediakan menurut *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (8) Zona terlindung harus ditentukan sebagai berikut:
  - (a) Untuk sambungan pelat-ujung yang diperpanjang tanpa pengaku: bagian balok antara muka kolom dan suatu jarak sama dengan tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap balok dari muka kolom, pilih yang terkecil.
  - (b) Untuk sambungan pelat-ujung yang diperpanjang dengan pengaku: bagian balok antara muka kolom dan suatu jarak sama dengan lokasi ujung pengaku ditambah setengah tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap balok, pilih yang terkecil.

## 6.5 Pembatasan kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Pelat-ujung harus disambungkan ke sayap kolom.
- (2) Tinggi penampang kolom profil gelas harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920). Tinggi penampang kolom WF tersusun tidak boleh melebihi yang untuk profil gelas. Kolom *king-cross* tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gelas.
- (3) Tidak ada pembatasan dari berat per satuan panjang kolom.
- (4) Tidak ada persyaratan tambahan untuk ketebalan sayap.
- (5) Rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

## 6.6 Pembatasan hubungan kolom-balok

Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (2) Rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.



## 6.7 Pelat penerus

Pelat penerus harus memenuhi pembatasan berikut:

- (1) Kebutuhan akan pelat penerus ditentukan menurut Pasal 6.10.
- (2) Bila ada, pelat penerus harus memenuhi persyaratan Pasal 6.10.
- (3) Pelat penerus harus tersambung ke kolom dengan las menurut SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

**Pengecualian:** Pelat penerus kurang dari atau sama dengan 3/8 in. (10 mm) harus diizinkan dilas ke sayap kolom menggunakan las sudut dua sisi. Kekuatan perlu las sudut tidak boleh kurang dari  $F_y A_c$ , di mana  $A_c$  didefinisikan sebagai luas kontak antara pelat penerus dan sayap kolom tempat sayap balok tersambung dan  $F_y$  didefinisikan sebagai tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari pelat penerus.

## 6.8 Baut

Baut harus memenuhi persyaratan Pasal 4.

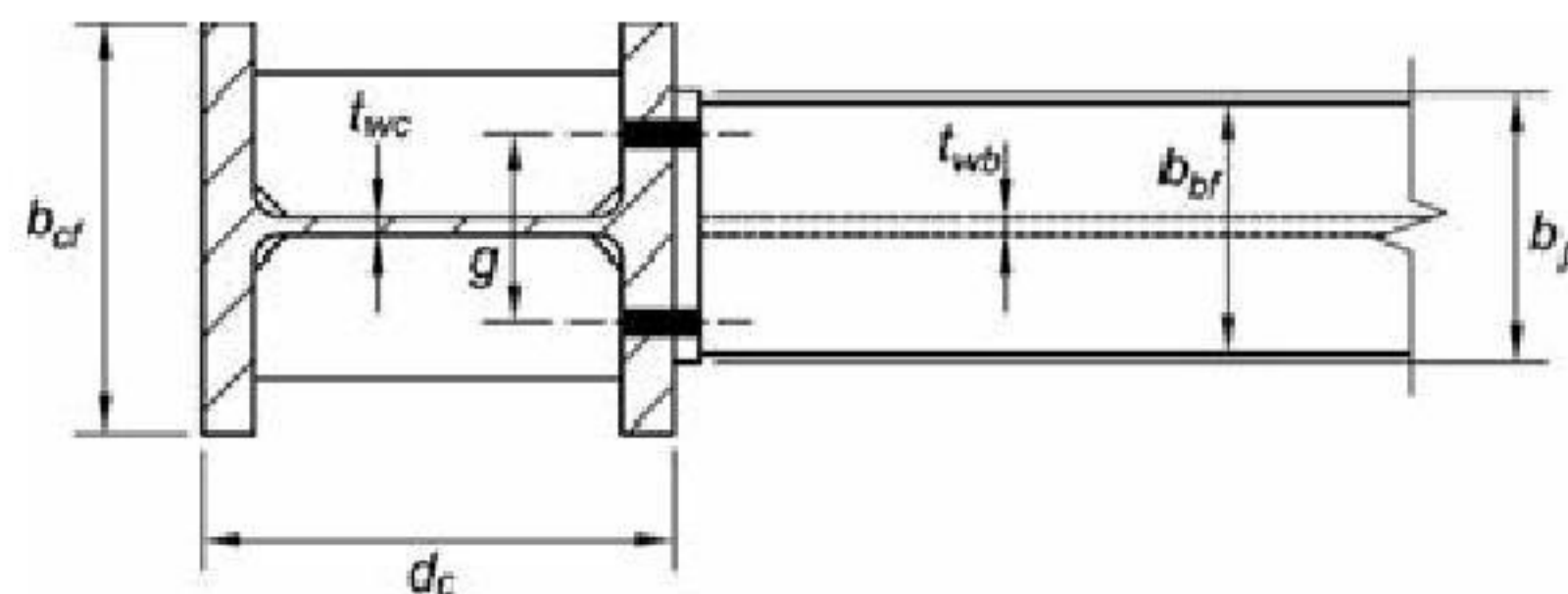
## 6.9 Pendetailan sambungan

### 6.9.1 Gage

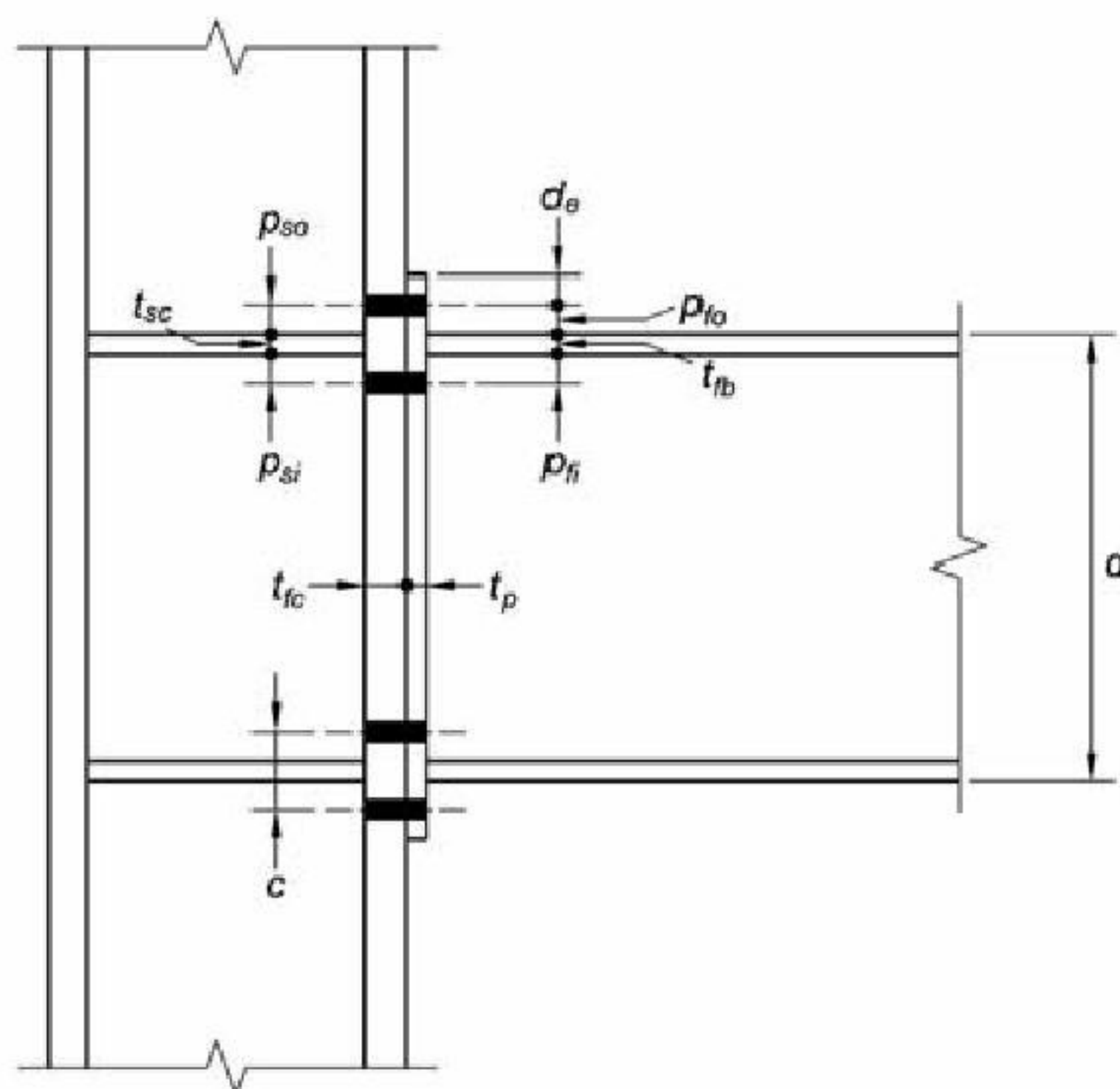
*Gage*,  $g$ , adalah seperti didefinisikan dalam Gambar 6.2 sampai 6.4. Dimensi *gage* maksimum dibatasi oleh lebar sayap balok yang disambung.

### 6.9.2 Pitch dan Spasi Baris

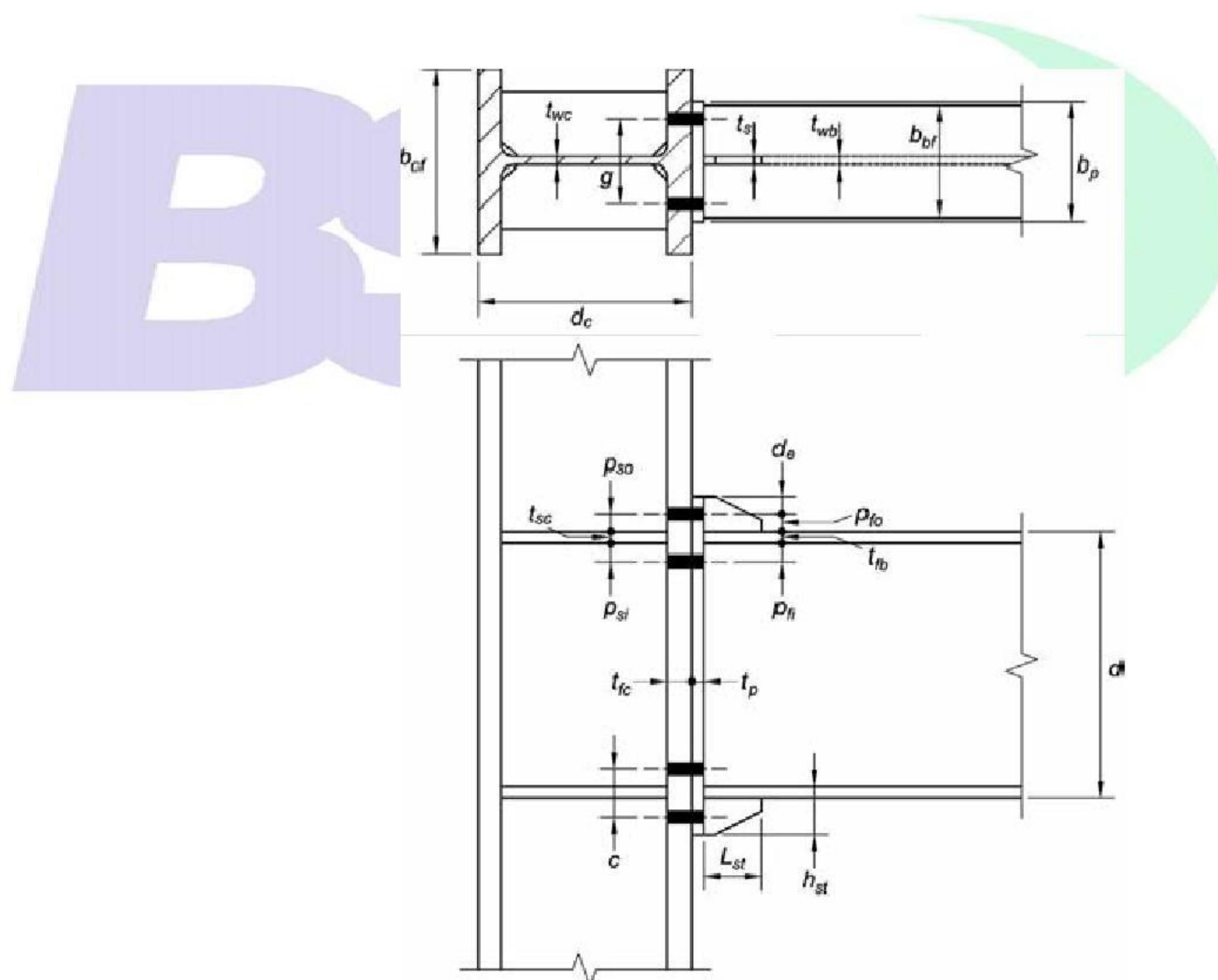
Jarak *pitch* minimum sama dengan diameter baut ditambah 1/2 in. (13 mm) untuk baut sampai dengan diameter 1 in. (25 mm), dan diameter baut ditambah 3/4 in. (19 mm) untuk baut diameter lebih besar. Jarak *pitch*,  $p_{fi}$  and  $p_{fo}$ , adalah jarak dari muka sayap balok ke sumbu baris baut terdekat, seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.2 sampai Gambar 6.4. Jarak *pitch*,  $p_{si}$  and  $p_{so}$ , adalah jarak dari muka pelat penerus ke sumbu baris baut terdekat, seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.2 sampai Gambar 6.4.







Gambar 6.2. Geometri pelat ujung yang diperpanjang tanpa pengaku dengan empat-baut (4E).



Gambar 6.3. Geometri pelat ujung yang diperpanjang yang diperkaku dengan empat-baut (4ES).

Spasi,  $p_b$ , adalah jarak antara deretan dalam dan terluar baut pada suatu sambungan momen pelat-ujung 8ES dan diperlihatkan dalam Gambar 6.4. Spasi deretan baut harus paling sedikit 2 2/3 kali diameter baut.

**Catatan:** Suatu jarak 3 kali diameter baut adalah yang lebih disukai. Jarak harus cukup memberi jarak untuk setiap las dalam daerah tersebut.



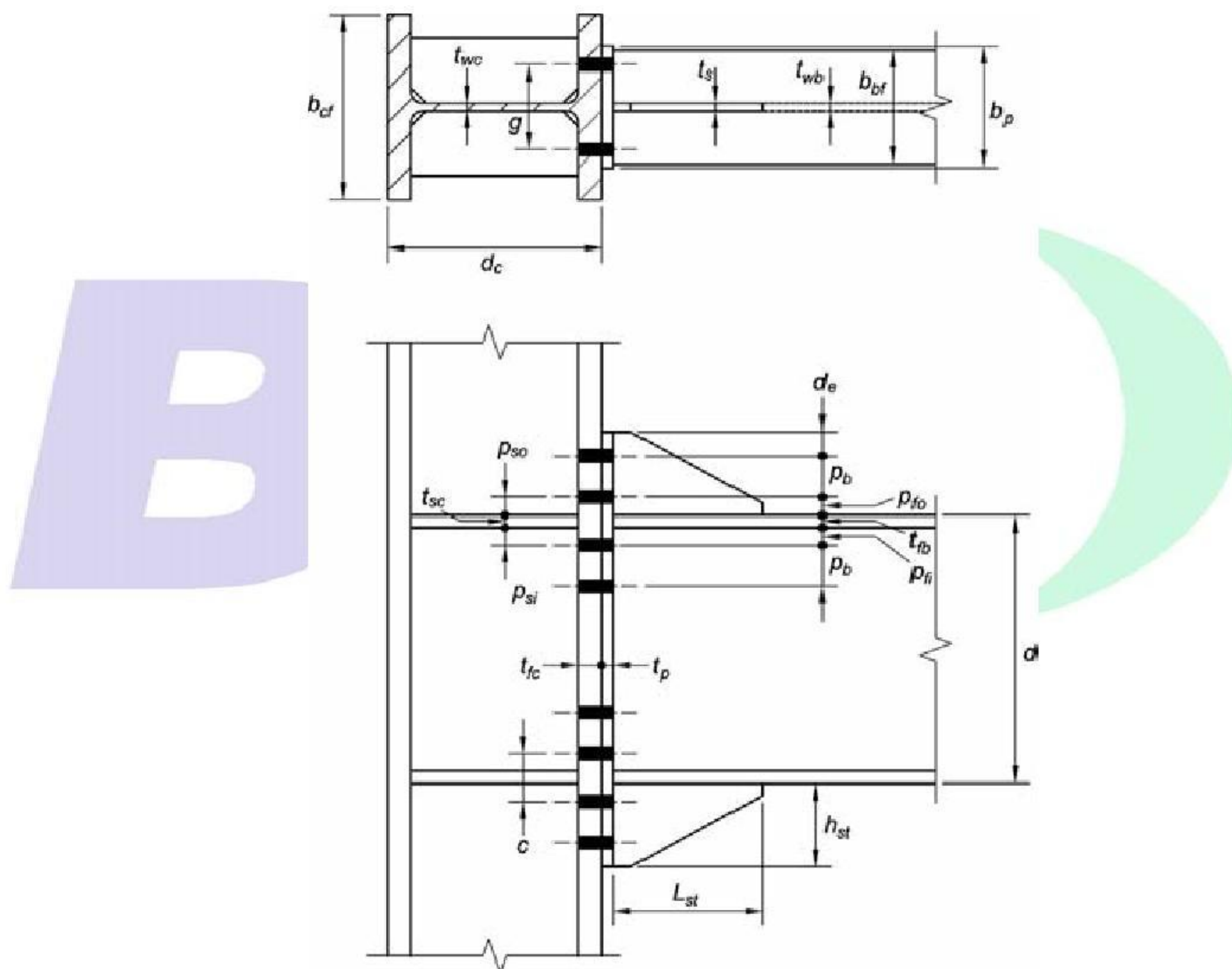
### 6.9.3 Lebar Pelat-Ujung

Lebar pelat-ujung harus lebih besar dari atau sama dengan lebar sayap balok yang disambung. Lebar pelat-ujung efektif tidak boleh diambil lebih besar dari sayap balok yang disambung ditambah 1 in. (25 mm).

### 6.9.4 Pengaku Pelat-Ujung

Dua sambungan pelat-ujung yang diperpanjang yang diperkaku, Gambar 6.1(b) dan (c), mensyaratkan pengaku dilas antara sayap balok yang disambung dan pelat-ujung. Panjang pengaku minimum harus:

$$L_{st} = \frac{h_{st}}{\tan 30^\circ}$$



**Gambar 6.4. Geometri pelat ujung yang diperpanjang yang diperkaku dengan delapan-baut (8ES).**

di mana  $h_{st}$  adalah tinggi pengaku, sama dengan tinggi pelat-ujung dari muka terluar sayap kolom ke pelat-ujung seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.5.

Pelat pengaku harus dihentikan pada sayap balok dan pada ujung dari pelat ujung dengan panjang penghentian sekitar 1 in. (25 mm). Pengaku harus dipotong di sudut di mana pengaku bertemu dengan sayap balok dan pelat-ujung untuk memberi ruang antara pengaku dan las sayap balok.

Bila balok dan pengaku-pengaku pelat-ujung memiliki kekuatan material yang sama, ketebalan pengaku harus lebih besar dari atau sama dengan ketebalan badan balok. Jika balok dan pengaku pelat-ujung memiliki perbedaan kekuatan material, ketebalan pengaku



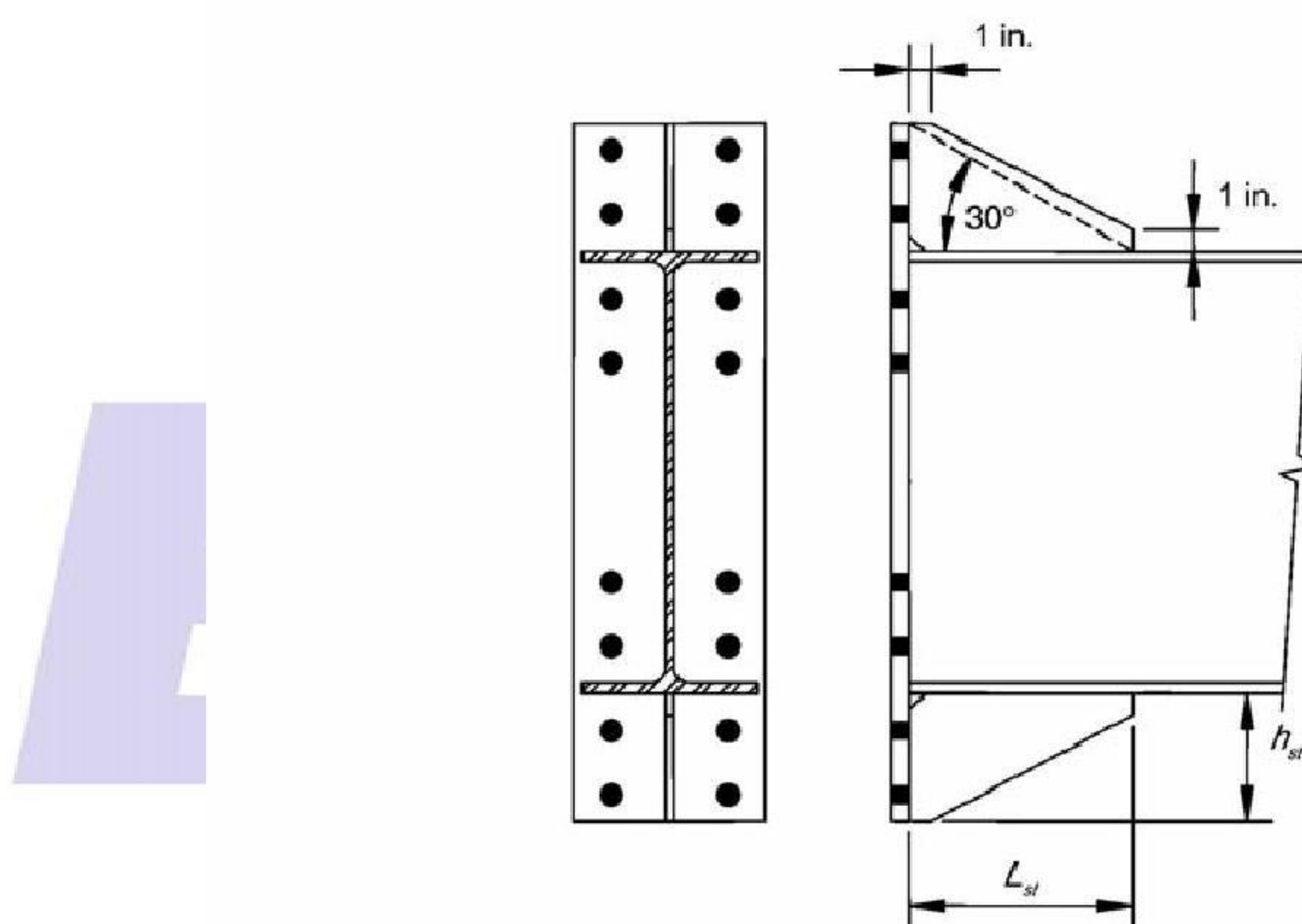
tidak boleh kecil dari rasio tegangan leleh material pelat balok-terhadap-pengaku dikalikan ketebalan badan balok.

#### 6.9.5 Ganjal Menjari

Penggunaan ganjal menjari (diilustrasikan dalam Gambar 6.6) pada bagian paling atas dan/atau bagian paling bawah sambungan dan pada salah satu atau kedua sisi adalah diizinkan, mengikuti pada pembatasan RCSC *Specification*.

#### 6.9.6 Pendetailan Pelat Komposit untuk RMM

Sebagai tambahan pada pembatasan zona terlindung, konektor stud geser yang dilas tidak boleh ditempatkan sepanjang sayap bagian atas balok untuk suatu jarak sama dengan  $1\frac{1}{2}$  dikalikan tinggi penampang balok, diukur dari muka kolom.



Gambar 6.5. Tata letak dan geometri pengaku pelat-ujung untuk 8ES.  
Geometri untuk 4ES yang mirip.

Material *joint* perpanjangan kompresibel, paling sedikit setebal 1 in. (25 mm), harus dipasang antara pelat dan muka kolom.

#### 6.9.7 Detail Pengelasan

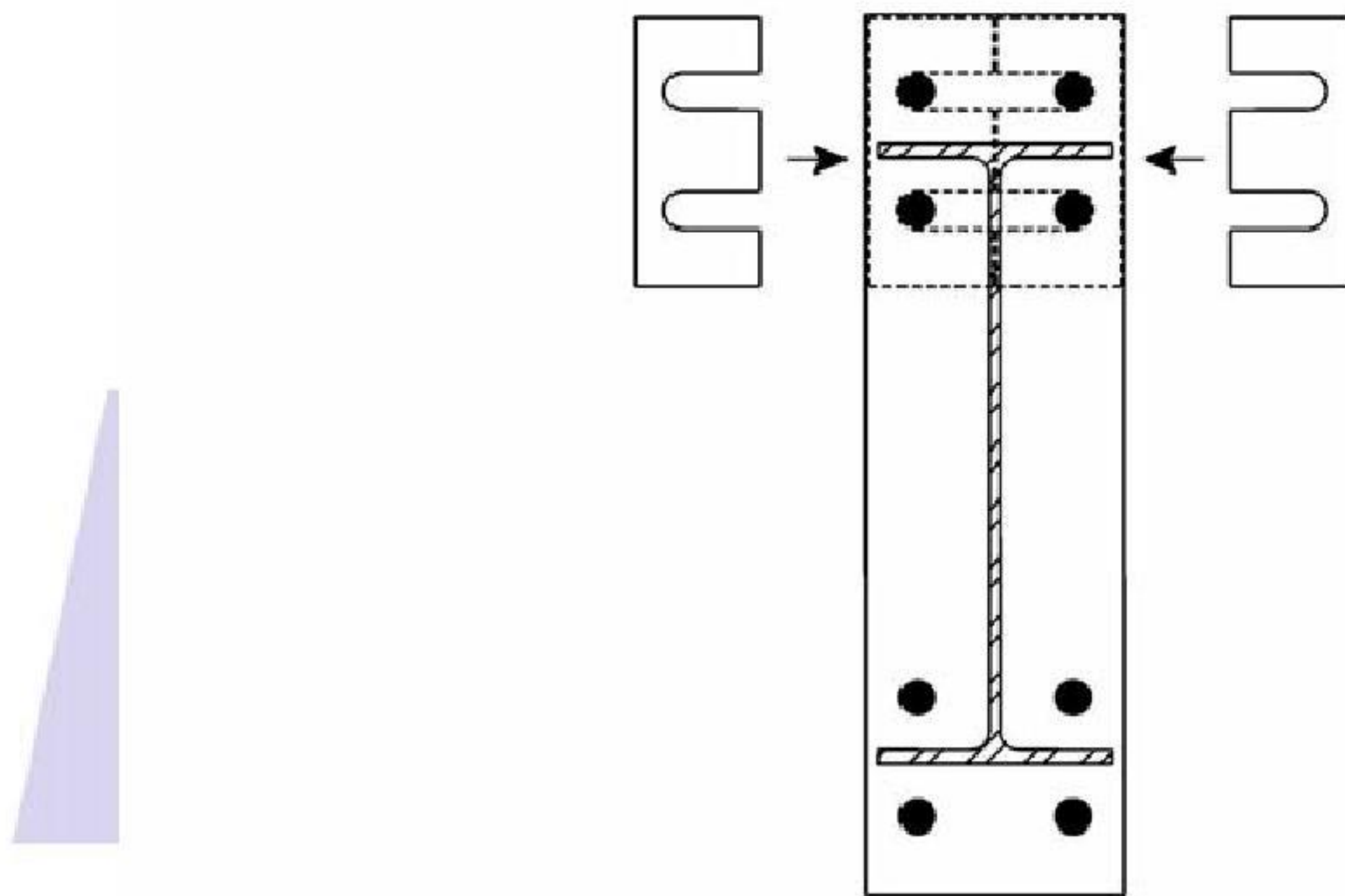
Pengelasan balok ke pelat-ujung harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Lubang-lubang akses las tidak boleh digunakan.
- (2) Sayap balok pada *joint* pelat-ujung harus dibuat menggunakan suatu las tumpul penetrasi penuh tanpa *backing*. Las tumpul penetrasi penuh harus dibuat sedemikian sehingga *root* las berada pada sisi sayap badan balok. Muka sayap bagian dalam memiliki las sudut  $\frac{5}{16}$ -in. (8-mm). Las-las ini harus kritis diperlukan.



- (3) *Joint* badan balok ke pelat-ujung harus dilakukan menggunakan las sudut atau las tumpul penetrasi penuh. Bila digunakan, las sudut harus berukuran untuk menyalurkan kekuatan penuh badan balok dalam tarik dari muka sebelah dalam sayap sampai 6 in. (150 mm) melebihi lajur baut terjauh dari sayap balok.
- (4) *Backgouging* dari *root* tidak diperlukan dalam sayap secara langsung diatas dan dibawah badan balok untuk suatu panjang sama dengan  $1,5k_1$ . Sebuah las tumpul PJP kedalaman-penuh harus diizinkan pada lokasi ini.
- (5) Bila digunakan, semua *joint* pelat-ujung-ke-pengaku harus dilakukan menggunakan las tumpul penetrasi penuh.

**Pengecualian:** Bila pengaku tebal  $3/8$  in. (10 mm) atau kurang, maka harus diizinkan menggunakan las sudut yang menyalurkan kekuatan pengaku.



**Gambar 6.6. Penggunaan tipikal dari ganjal menjari.**

## 6.10 Prosedur desain

Geometri sambungan yang diperlihatkan dalam Gambar 6.2, 6.3 dan 6.4 untuk sambungan 4E, 4ES dan 8ES.

### 6.10.1 Desain Pelat-ujung dan Baut

**Langkah 1.** Tentukan ukuran-ukuran komponen struktur yang disambung (balok-balok dan kolom) dan hitung momen pada muka kolom,  $M_f$ .

$$M_f = M_{pr} + V_u S_h \quad (6.10-1)$$

keterangan

$M_{pr}$  adalah momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis, kip- in. (N-mm), diberikan oleh Persamaan 2.4.3-1

$S_h$  adalah jarak dari muka kolom ke sendi plastis, in. (mm)

adalah terkecil dari  $d/2$  atau  $3b_{bf}$  untuk suatu sambungan tanpa pengaku (4E)

adalah  $L_{st} + t_p$  untuk suatu sambungan diperkaku (4ES, 8ES)



$V_u$	adalah gaya geser pada ujung balok, kips (N)
	adalah $\frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi}$ (6.10-2)
$b_{bf}$	adalah lebar sayap balok, in. (mm)
$d$	adalah tinggi penampang balok penyambung, in. (mm)
$L_h$	adalah jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)
$L_{st}$	adalah panjang pengaku pelat-ujung, seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.5, in. (mm)
$t_p$	adalah ketebalan pelat-ujung, in. (mm)
$V_{gravitasi}$	adalah gaya geser balok dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (di mana $f_1$ adalah suatu faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  menurut SNI Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

**Langkah 2.** Pilih satu dari tiga konfigurasi sambungan pelat-ujung dan menetapkan nilai-nilai yang mula-mula untuk geometri sambungan ( $g$ ,  $p_{fi}$ ,  $p_{fo}$ ,  $p_b$ ,  $g$ ,  $h_i$ , dan seterusnya) dan mutu baut.

**Langkah 3.** Tentukan diameter baut yang dibutuhkan,  $d_{b\ req'd}$ , menggunakan satu dari ekspresi yang berikut.

Untuk sambungan empat-baut (4E, 4ES):

$$d_{b\ req'd} = \sqrt{\frac{2M_f}{\pi\phi_n F_{nt}(h_o + h_1)}} \quad (6.10-3)$$

Untuk sambungan delapan-baut (8ES):

$$d_{b\ req'd} = \sqrt{\frac{2M_f}{\pi\phi_n F_{nt}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}} \quad (6.10-4)$$

keterangan

$F_{nt}$	adalah kekuatan tarik nominal baut dari SNI <i>Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural</i> , ksi (MPa)
$h_i$	adalah jarak dari sumbu sayap tekan balok ke sumbu deretan baut tarik $i$ th.
$h_o$	adalah jarak dari sumbu sayap tekan ke deretan baut terluar sisi-tarik, in. (mm)



**Langkah 4.** Pilih sebuah diameter baut coba ,  $d_b$ , tidak kurang dari yang disyaratkan dalam Pasal 6.10.1 Langkah 3.

**Langkah 5.** Tentukan ketebalan pelat-ujung yang disyaratkan,  $t_{p, req'd}$ .

$$d_{p req'd} = \sqrt{\frac{1,11M_f}{\phi_d F_{yp} Y_p}} \quad (6.10-5)$$

keterangan

$F_{yp}$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan material pelat-ujung, ksi (MPa)

$Y_p$  adalah parameter mekanisme garis leleh pelat-ujung dari Tabel 6.2, 6.3 atau 6.4, in. (mm)

**Langkah 6.** Pilih tebal pelat-ujung,  $t_p$ , tidak kurang dari nilai yang disyaratkan.

**Langkah 7.** Hitung  $F_{fu}$ , gaya sayap balok terfaktor.

$$F_{fu} = \frac{M_f}{d - t_{bf}} \quad (6.10-6)$$

keterangan

$d$  adalah tinggi penampang balok, in. (mm)

$t_{bf}$  adalah ketebalan sayap balok, in. (mm)

**Langkah 8.** Periksa pelelehan geser bagian yang diperpanjang dari pelat-ujung tanpa pengaku diperpanjang empat-baut (4E):

$$F_{fu}/2 \leq \phi_d R_n = \phi_d (0,6) F_{yp} b_p t_p \quad (6.10-7)$$

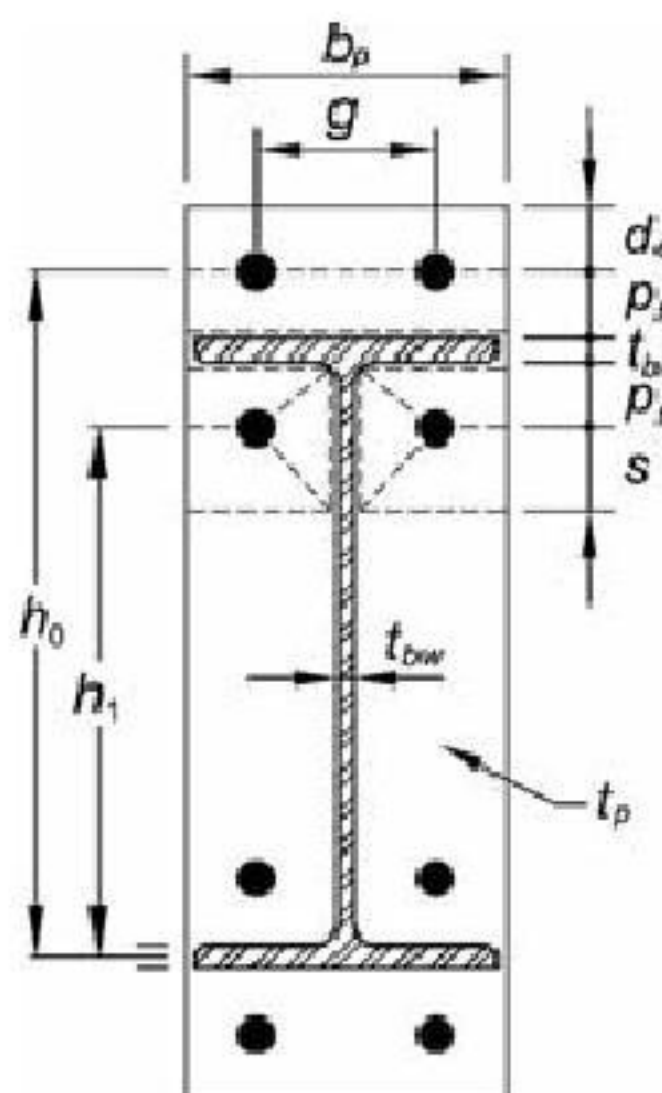
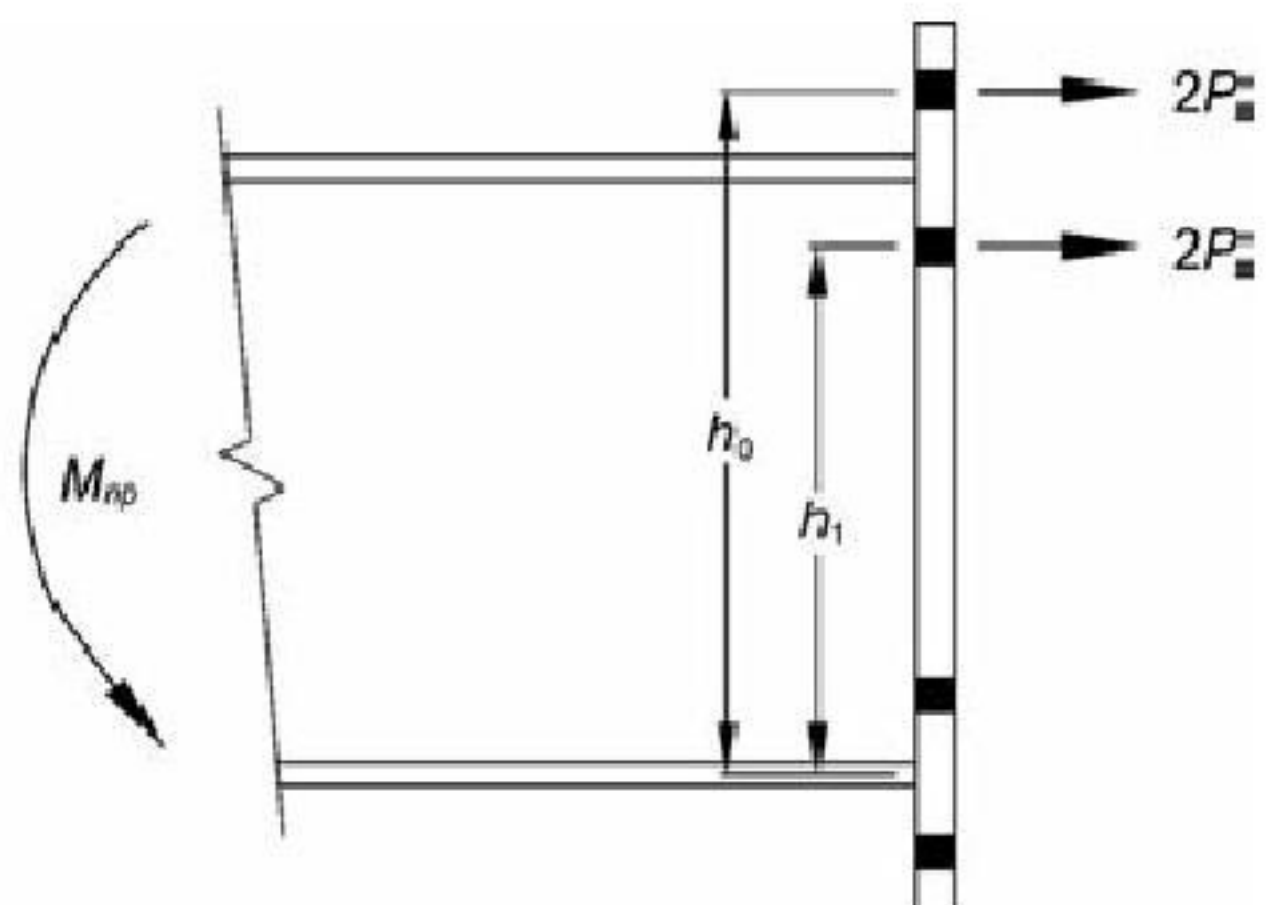
di mana  $b_p$  adalah lebar pelat-ujung, in. (mm), diambil sebagai tidak lebih besar dari lebar sayap balok ditambah 1 in. (25 mm).

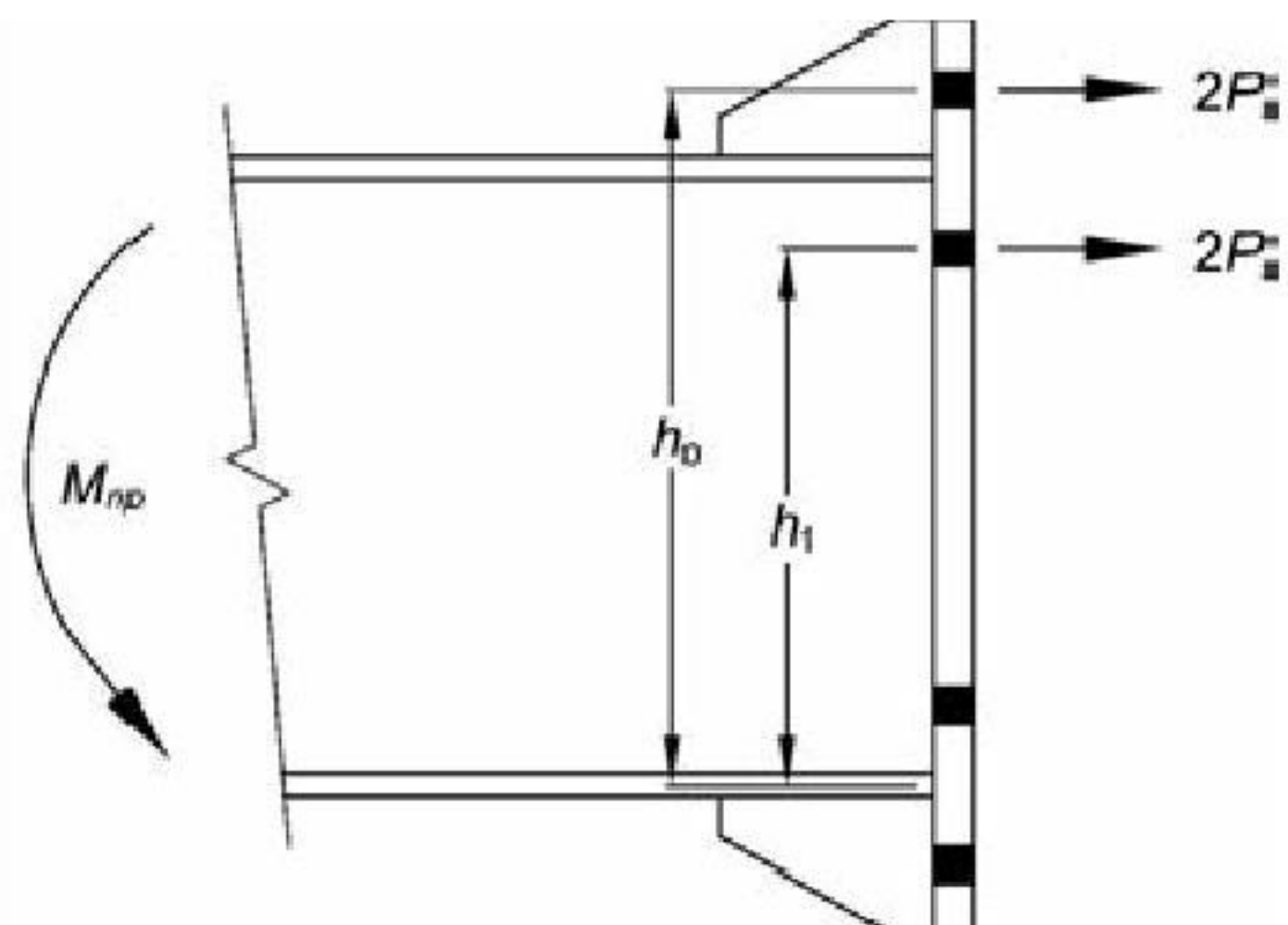
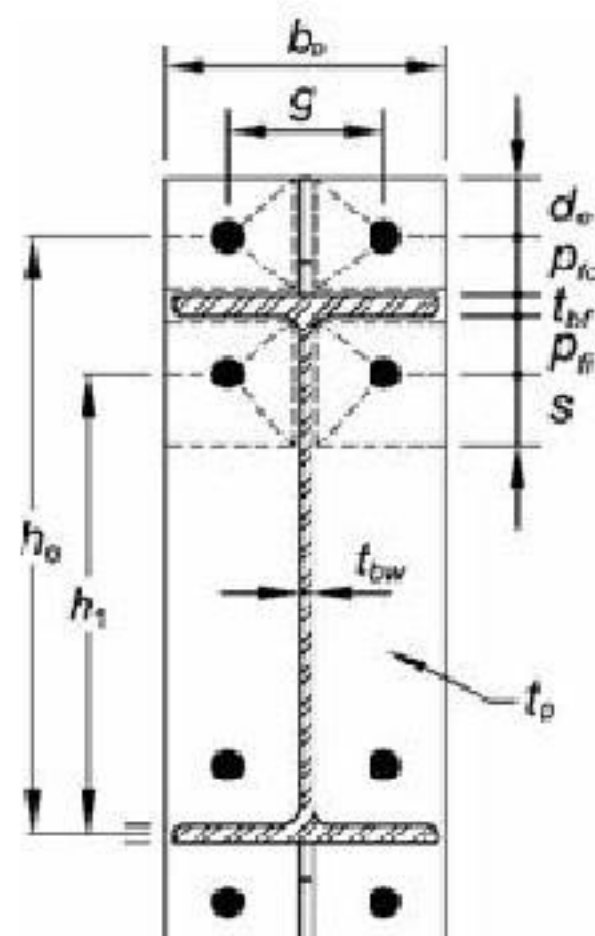
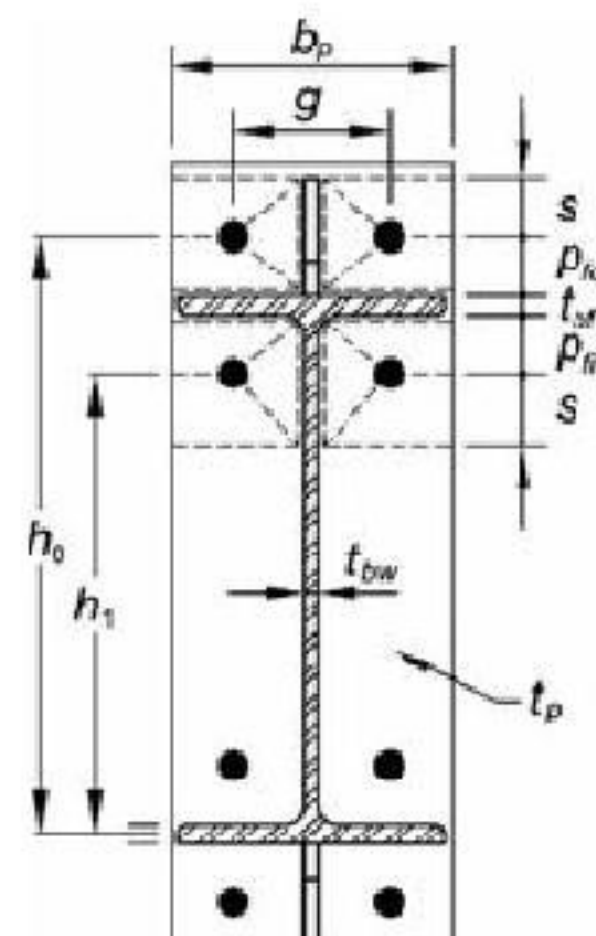
Jika Persamaan 6.10-7 tidak dipenuhi, tambah ketebalan pelat-ujung atau tingkatkan tegangan leleh material pelat-ujung.

**Langkah 9.** Periksa keruntuhan geser bagian pelat-ujung yang diperpanjang pada pelat-ujung tanpa pengaku yang diperpanjang empat-baut (4E):

$$F_{fu}/2 \leq \phi_n R_n = \phi_n (0,6) F_{up} A_n \quad (6.10-8)$$

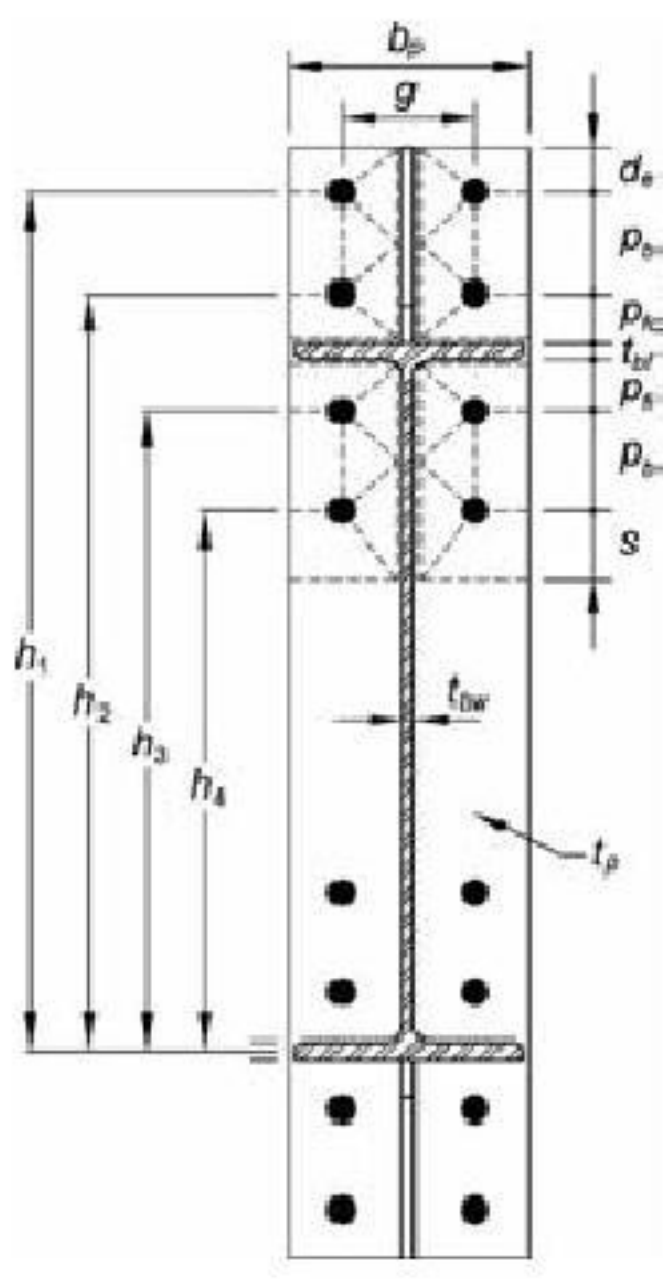
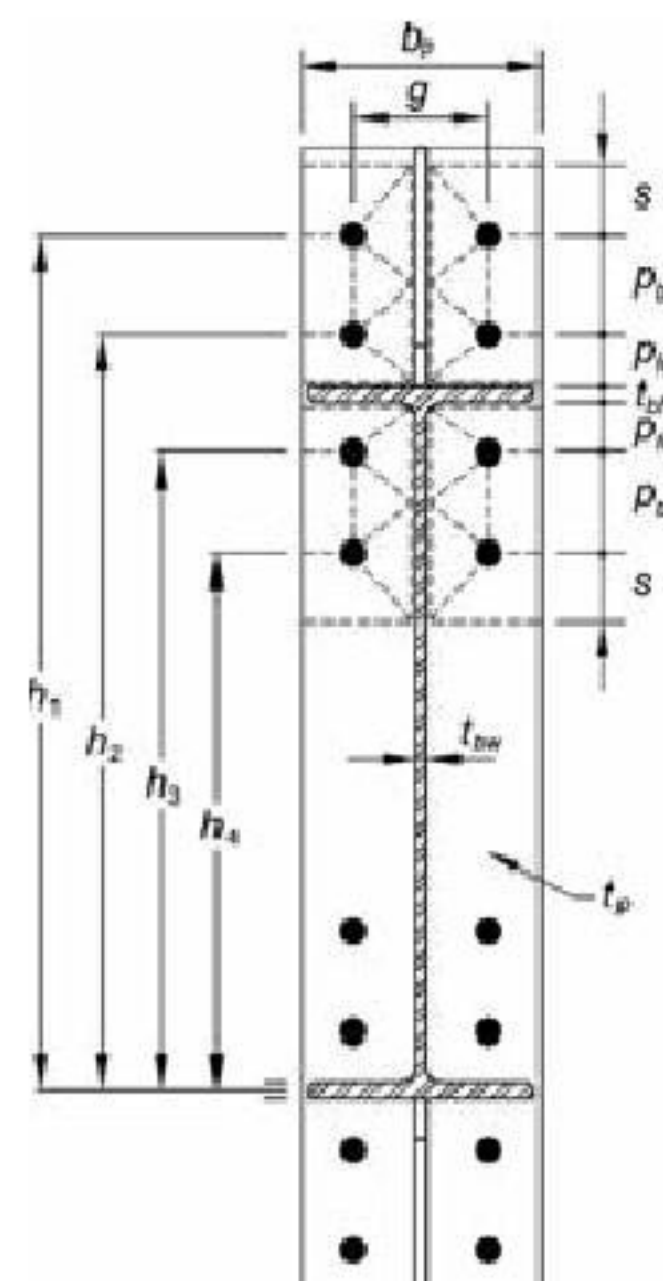
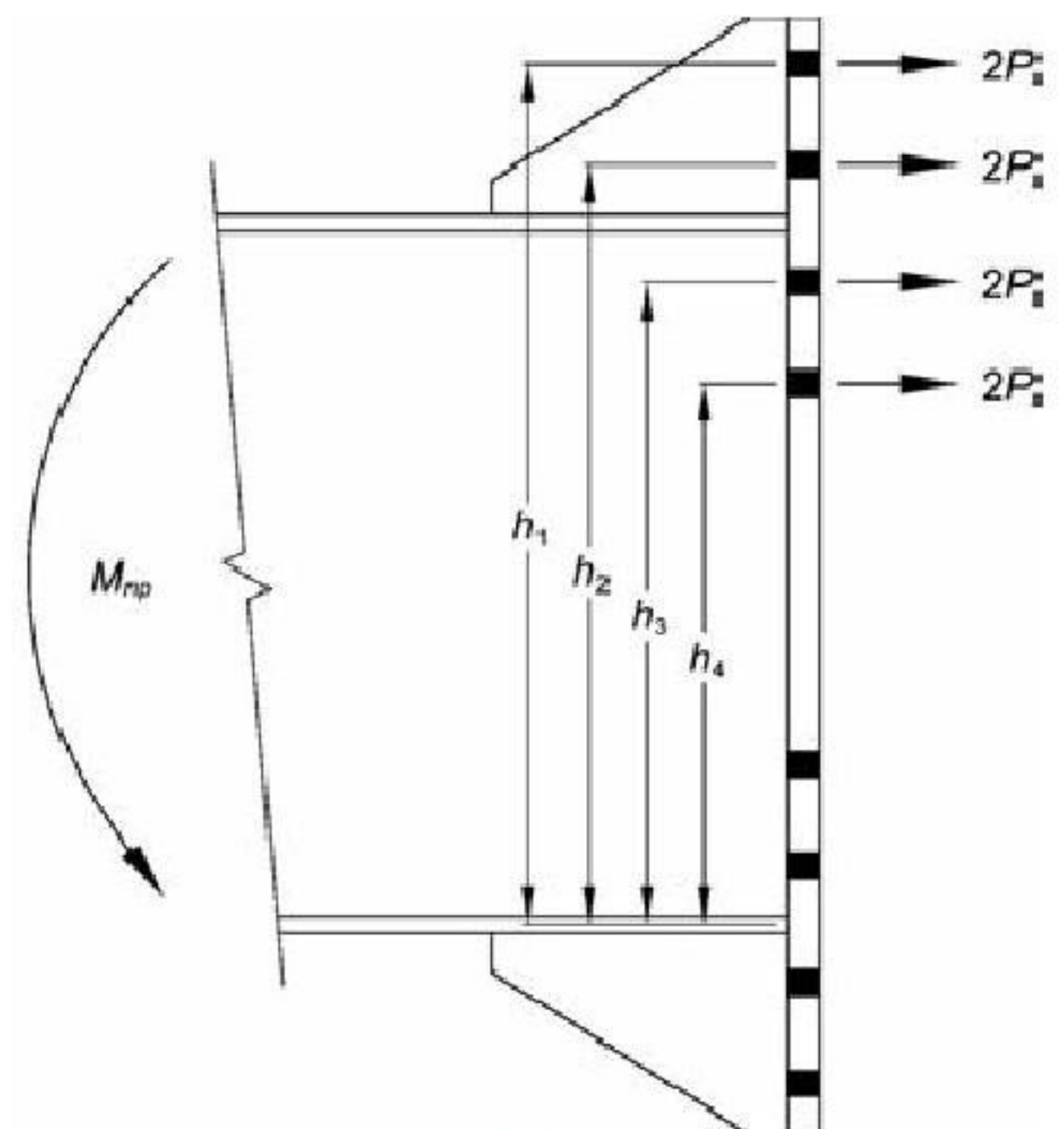


TABEL 6.2 Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Pelat-Ujung Diperpanjang Tanpa pengaku Dengan Empat-Baut	
Geometri Pelat-Ujung dan Pola Garis Leleh	Model Gaya Baut
	
Pelat-Ujung	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left( \frac{1}{p_{fo}} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} [h_1(p_{fi} + s)]$
	$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g} \text{ catatan: Jika } p_{fi} > s, \text{ gunakan } p_{fi} = s$

TABEL 6.3 Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Pelat-Ujung Diperpanjang Dengan Pengaku Dengan Empat-Baut		
Geometri Pelat-Ujung dan Pola Garis Leleh		Model Gaya Baut
Kasus 1 ( $d_e \leq s$ )	Kasus 2 ( $d_e > s$ )	
		
Kasus 1 ( $d_e \leq s$ )	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left( \frac{1}{p_{fo}} + \frac{1}{2s} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1(p_{fi} + s) + h_0(d_e + p_{fo})]$	
Kasus 2 ( $d_e > s$ )	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left( \frac{1}{s} + \frac{1}{p_{fo}} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1(p_{fi} + s) + h_0(s + p_{fo})]$	
$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g} \text{ Catatan: Jika } p_{fi} > s, \text{ gunakan } p_{fi} = s$		



**TABEL 6.4**  
**Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Pelat-Ujung Diperpanjang Dengan**  
**Pengaku Dengan Delapan-Baut**

Geometri Pelat-Ujung dan Pola Garis Leleh		Model Gaya Baut
Kasus 1 ( $d_e \leq s$ )	Kasus 2 ( $d_e > s$ )	
		
Kasus 1 ( $d_e \leq s$ )	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{2d_e} \right) + h_2 \left( \frac{1}{p_{fo}} \right) + h_3 \left( \frac{1}{p_{fi}} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right]$ $\frac{2}{g} \left[ h_1 \left( d_e + \frac{p_b}{2} \right) + h_2 \left( p_{fo} + \frac{3p_b}{4} \right) + h_3 \left( p_{fi} + \frac{p_b}{4} \right) + h_4 \left( s + \frac{3p_b}{4} \right) + p_b^2 \right] + s$	
Kasus 2 ( $d_e > s$ )	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{s} \right) + h_2 \left( \frac{1}{p_{fo}} \right) + h_3 \left( \frac{1}{p_{fi}} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right]$ $\frac{2}{g} \left[ h_1 \left( s + \frac{p_b}{4} \right) + h_2 \left( p_{fo} + \frac{3p_b}{4} \right) + h_3 \left( p_{fi} + \frac{p_b}{4} \right) + h_4 \left( s + \frac{3p_b}{4} \right) + p_b^2 \right] + g$	
$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g}$ Catatan: Jika $p_{fi} > s$ , gunakan $p_{fi} = s$		

keterangan

$F_{up}$  adalah tegangan tarik minimum yang disyaratkan dari pelat-ujung, ksi (MPa)

$A_n$  adalah luas neto pelat-ujung

adalah  $t_p[b_p - 2(d_b + 1/8)]$  bila lubang-lubang standar digunakan, in.<sup>2</sup>

adalah  $t_p[b_p - 2(d_b + 3)]$  bila lubang-lubang standar digunakan, mm<sup>2</sup>

$d_b$  adalah diameter baut, in. (mm)

Jika Persamaan 6.10-8 tidak dipenuhi, tambah ketebalan pelat-ujung atau tingkatkan tegangan leleh material pelat-ujung.



**Langkah 10.** Jika menggunakan sambungan pelat-ujung diperpanjang dengan pengaku empat-baut (4ES) atau sambungan pelat-ujung diperpanjang dengan pengaku delapan-baut (8ES), pilih ketebalan pengaku pelat-ujung dan desain las pengaku-ke-sayap balok dan las pengaku-ke-pelat-ujung.

$$t_s \geq t_{bw} \left( \frac{F_{yb}}{F_{ys}} \right) \quad (6.10-9)$$

keterangan

$t_{bw}$  adalah ketebalan badan balok, in. (mm)

$t_s$  adalah ketebalan pengaku pelat ujung, in. (mm)

$F_{yb}$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan material balok, ksi (MPa)

$F_{ys}$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan material pengaku, ksi (MPa)

Geometri pengaku harus memenuhi persyaratan Pasal 6.9.4. Sebagai tambahan, untuk mencegah tekuk lokal pelat pengaku, ukuran lebar-terhadap-ketebalan yang berikut harus dipenuhi.

$$\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \quad (6.10-10)$$

Keterangan

$h_{st}$  adalah tinggi pengaku, in. (mm), sama dengan tinggi pelat-ujung dari muka terluar \ sayap balok ke ujung dari pelat-ujung.

Las pengaku-ke-sayap-balok dan las pengaku-ke-pelat-ujung harus didesain untuk menyalurkan geser pelat pengaku pada sayap balok dan gaya tarik pada pelat-ujung. Las sudut atau las tumpul penetrasi-joint-lengkap adalah cocok untuk las dari pelat pengaku ke sayap balok. Las tumpul *penetrasi penuh* harus digunakan untuk las pengaku-ke-pelat-ujung. Jika pelat-ujung tebalnya 3/8 in. (10 mm) atau kurang, las sudut sisi-ganda diizinkan.

**Langkah 11.** Kekuatan runtuh geser baut dari sambungan yang disediakan oleh baut-baut pada satu (gaya tekan) sayap; maka

$$V_u \leq \phi_n R_n = \phi_n (n_b) F_{nv} A_b \quad (6.10-11)$$

keterangan

$n_b$  adalah jumlah baut pada sayap tekan

adalah 4 untuk sambungan 4E dan 4ES

adalah 8 untuk sambungan 8ES

$A_b$  adalah luas bruto baut nominal, in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$F_{nv}$  adalah kekuatan geser baut nominal dari AISC *Specification*, ksi (MPa)

$V_u$  adalah gaya geser pada ujung balok, kips (N), diberikan oleh Persamaan 6.10-2



**Langkah 12.** Periksa kegagalan tumpu baut/sobek dari pelat-ujung dan sayap kolom:

$$V_u \leq \phi_n R_n = \phi_n (n_i) r_{ni} + \phi_n (n_o) r_{no} \quad (6.10-12)$$

keterangan

- $n_i$  adalah jumlah baut dalam  
 adalah 2 untuk sambungan 4E dan 4ES  
 adalah 4 untuk sambungan 8ES
- $n_o$  adalah jumlah baut terluar  
 adalah 2 untuk sambungan 4E dan 4ES  
 adalah 4 untuk sambungan 8ES
- $r_{ni}$  adalah  $1,2 L_c t F_u < 2,4 d_b t F_u$  untuk setiap baut dalam
- $r_{no}$  adalah  $1,2 L_c t F_u < 2,4 d_b t F_u$  untuk setiap baut luar
- $L_c$  adalah jarak bersih, pada arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi material, in. (mm)
- $F_u$  adalah kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari pelat-ujung atau material sayap kolom, ksi (MPa)
- $d_b$  adalah diameter baut, in. (mm)
- $t$  adalah tebal pelat-ujung atau tebal sayap kolom, in. (mm)

**Langkah 13.** Desain las sayap ke pelat-ujung dan las badan ke pelat-ujung menggunakan persyaratan Pasal 6.9.7.

### 6.10.2 Desain di Bagian Kolom

**Langkah 1.** Periksa sayap kolom untuk pelelehan lentur:

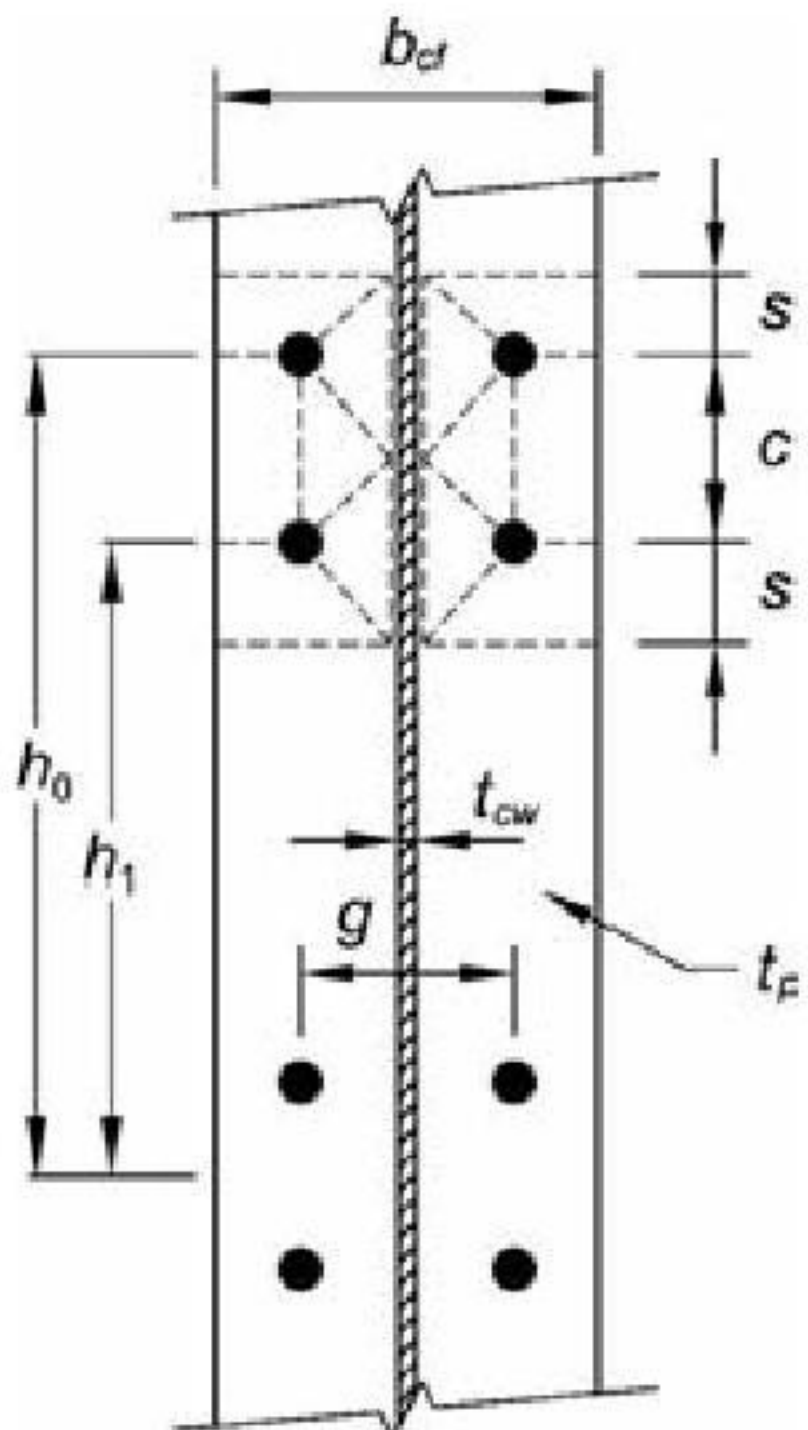
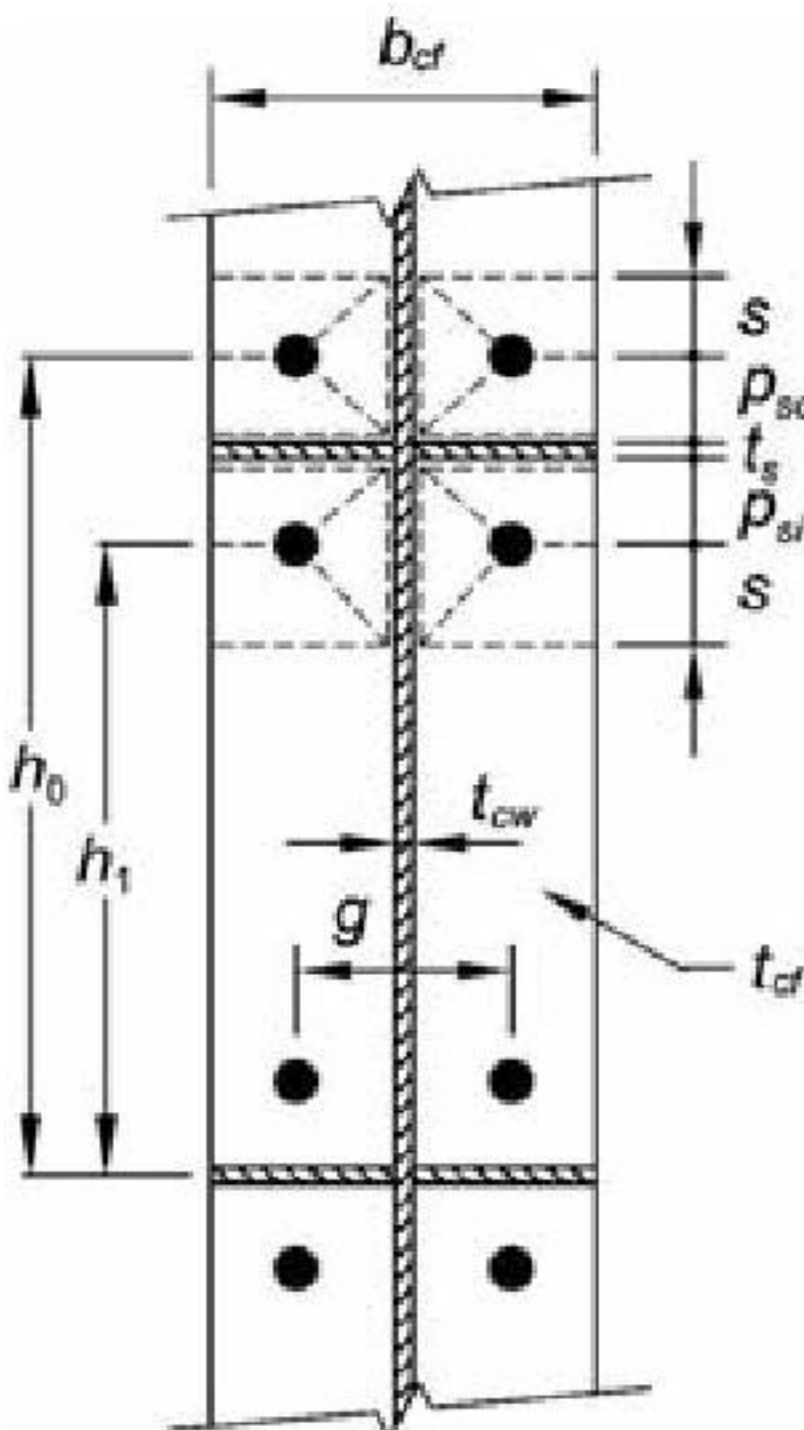
$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{1,1 M_f}{\phi_d F_{yc} Y_c}} \quad (6.10-13)$$

keterangan

- $F_{yc}$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material sayap kolom, ksi (MPa)
- $Y_c$  adalah parameter mekanisme garis leleh sayap kolom tanpa pengaku dari Tabel 6.5 atau Tabel 6.6, in. (mm)
- $t_{cf}$  adalah ketebalan sayap kolom, in. (mm)

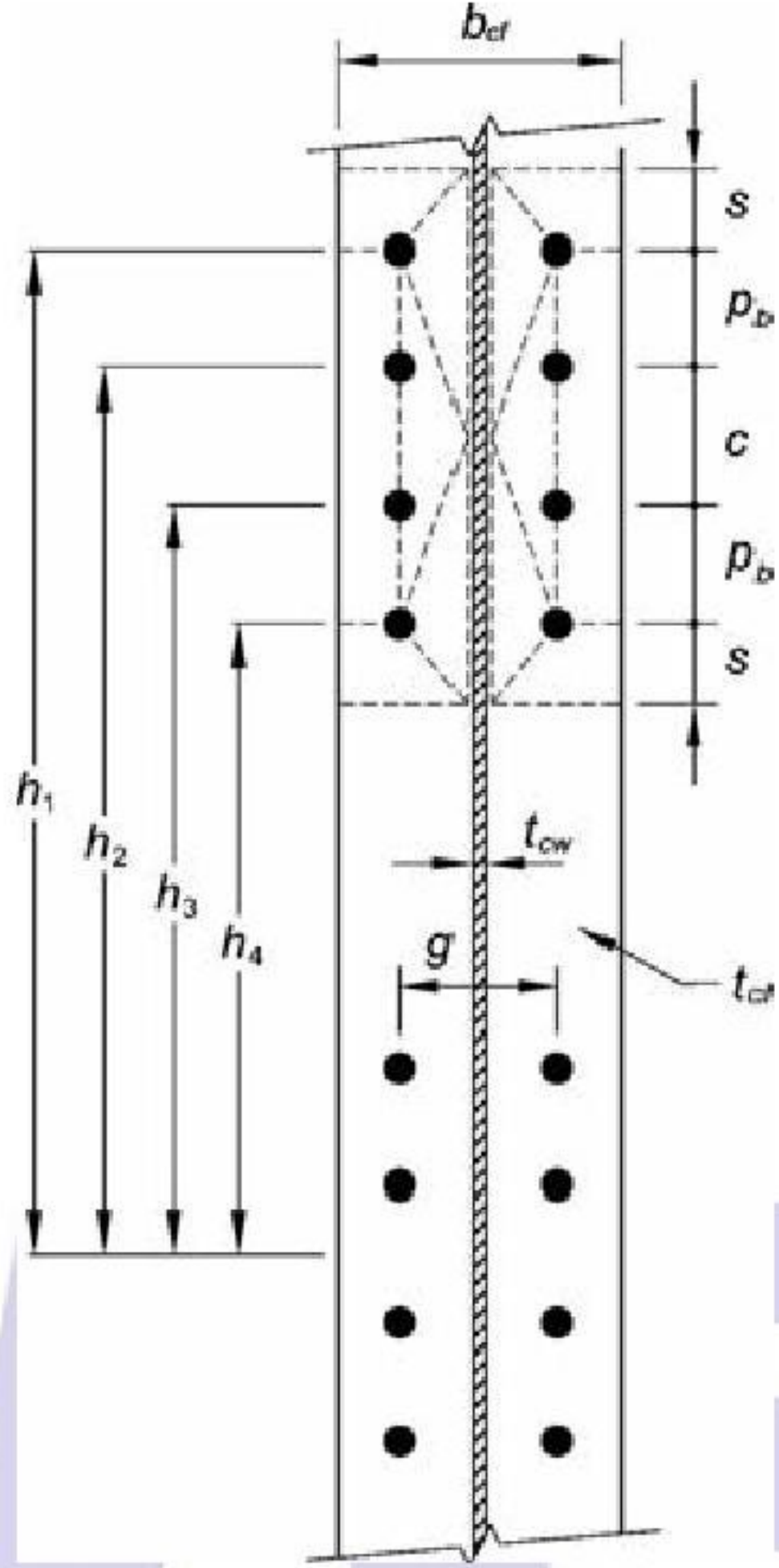
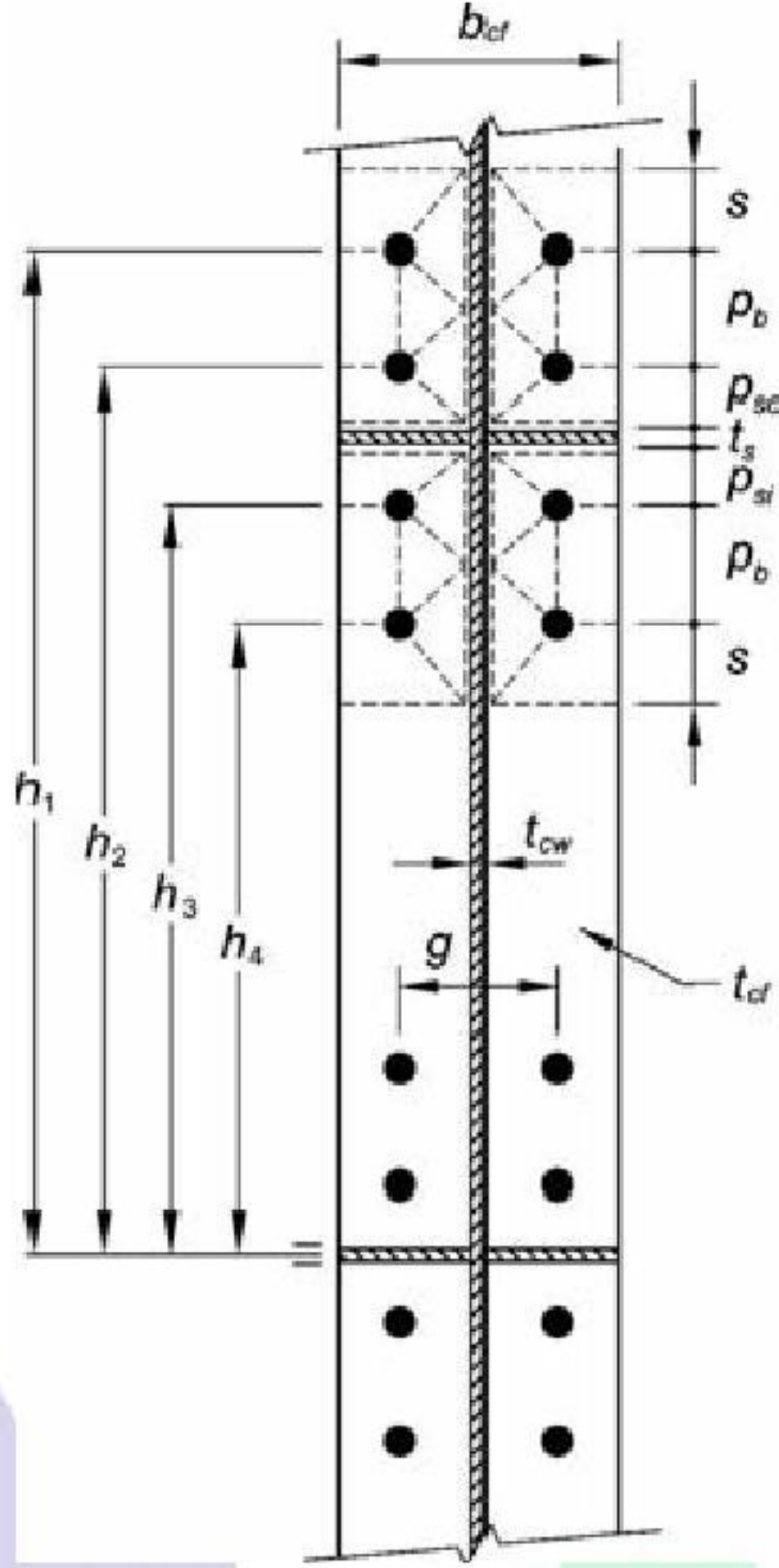


**TABEL 6.5**  
**Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Sayap Kolom Diperpanjang Dengan Empat-Baut**

Geometri Sayap Kolom Tanpa pengaku dan Pola Garis Leleh	Geometri Sayap Kolom Dengan Pengaku dan Pola Garis Leleh
	
<p><b>Sayap Kolom Tanpa pengaku</b></p>	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{s} \right) + h_0 \left( \frac{1}{s} \right) \right] + \frac{2}{g} \left[ h_1 \left( s + \frac{3c}{4} \right) h_0 \left( s + \frac{c}{4} \right) + \frac{c^2}{2} \right] + \frac{g}{2}$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g}$
<p><b>Sayap Kolom Diperkaku</b></p>	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{s} + \frac{1}{p_{si}} \right) + h_0 \left( \frac{1}{s} + \frac{1}{p_{so}} \right) \right] + \frac{2}{g} \left[ h_1 (s + p_{si}) h_0 (s + p_{so}) \right]$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g} \quad \text{Catatan: Jika } p_{si} > s, \text{ gunakan } p_{si} = s$



**TABEL 6.6**  
**Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Sayap Kolom Yang Diperpanjang**  
**Dengan Delapan-Baut**

Geometri Sayap Kolom Tanpa pengaku dan Pola Garis Leleh	Geometri Sayap Kolom Dengan Pengaku dan Pola Garis Leleh
	
<b>Sayap Kolom Tanpa pengaku</b>	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{s} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right]$ $+ \frac{2}{g} \left[ h_1 \left( p_b + \frac{c}{s} + s \right) + h_2 \left( \frac{p_b}{2} + \frac{c}{4} \right) + h_3 \left( \frac{p_b}{2} + \frac{c}{2} \right) + h_4 (s) \right] + \frac{g}{2}$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g}$
<b>Sayap Kolom Diperkaku</b>	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[ h_1 \left( \frac{1}{s} \right) + h_2 \left( \frac{1}{p_{so}} \right) + h_3 \left( \frac{1}{p_{si}} \right) + h_4 \left( \frac{1}{s} \right) \right]$ $+ \frac{2}{g} \left[ h_1 \left( s + \frac{p_b}{4} \right) + h_2 \left( p_{so} + \frac{3p_b}{4} \right) + h_3 \left( p_{si} + \frac{p_b}{4} \right) + h_4 \left( s + \frac{3p_b}{4} \right) + p_b^2 \right] + g$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g} \quad \text{Catatan: Jika } p_{si} > s, \text{ gunakan } p_{si} = s$

Jika Persamaan 6.10-13 tidak dipenuhi, tambah ukuran kolom atau tambah pelat penerus.

Jika pelat penerus ditambah, periksa Persamaan 6.10-13 menggunakan  $Y_c$  untuk sayap kolom diperkaku dari Tabel 6.5 and 6.6.



**Langkah 2.** Jika pelat penerus disyaratkan untuk pelelehan lentur sayap kolom, tentukan gaya pengaku yang disyaratkan.

Kekuatan desain lentur sayap kolom adalah

$$\phi_d M_{cf} = \phi_d F_{yc} Y_c t_{cf}^2 \quad (6.10-14)$$

di mana  $Y_c$  adalah parameter mekanisme garis leleh kolom tanpa pengaku dari Tabel 6.5 atau Tabel 6.6, in. (mm). Karena itu, gaya desain sayap kolom ekuivalen adalah

$$\phi_d R_n = \frac{\phi_d M_{cf}}{(d - t_{bf})} \quad (6.10-15)$$

Penggunaan  $\phi_d R_n$ , gaya yang disyaratkan untuk desain pelat penerus yang ditentukan dalam Pasal 6.10.2 Langkah 6.

**Langkah 3.** Periksa kekuatan pelelehan badan kolom lokal dari badan kolom tanpa pengaku pada sayap balok.

Persyaratan kekuatan:

$$F_{fu} \leq \phi_d R_n \quad (6.10-16)$$

$$R_n = C_t(6k_c + t_{bf} + 2t_p)F_{yc} t_{cw} \quad (6.10-17)$$

keterangan

$C_t$  adalah 0,5 jika jarak dari kolom bagian atas ke muka bagian atas sayap balok adalah kurang dari tinggi penampang kolom  
adalah 1,0 untuk kasus lain

$F_{yc}$  adalah tegangan leleh yang disyaratkan dari material badan kolom, ksi (MPa)

$k_c$  adalah jarak dari muka terluar sayap kolom ke ujung penebalan badan (nilai desain) atau las sudut, in. (mm)

$t_{cw}$  adalah ketebalan badan kolom, in. (mm)

Jika persyaratan kekuatan Persamaan 6.10-16 tidak dipenuhi, diperlukan pelat penerus badan kolom.

**Langkah 4.** Periksa kekuatan tekuk badan kolom tanpa pengaku pada sayap tekan balok.

Persyaratan kekuatan:

$$F_{fu} \leq \phi R_n \quad (6.10-18)$$

keterangan

$\phi$  adalah 0,75

(a) Bila  $F_{fu}$  diterapkan pada sebuah jarak lebih besar dari atau sama dengan  $d_c/2$  dari ujung kolom



$$R_n = \frac{24t_{cw}^3 \sqrt{EF_{yc}}}{h} \quad (6.10-19)$$

(b) Bila  $F_{fu}$  diterapkan pada sebuah jarak kurang dari  $d_c/2$  dari ujung kolom

$$R_n = \frac{12t_{cw}^3 \sqrt{EF_{yc}}}{h} \quad (6.10-20)$$

dimana  $h$  is jarak bersih antar sayap dikurangi radius sudut untuk profil-profil gilss; jarak bersih antar sayap bila digunakan las pada profil tersusun, in. (mm)

Jika persyaratan kekuatan Persamaan 6.10-18 tidak dipenuhi, diperlukan pelat penerus badan kolom.

**Langkah 5.** Periksa kekuatan lipat badan kolom tanpa pengaku pada sayap tekan balok.

Persyaratan kekuatan:

$$F_{fu} \leq \phi R_n \quad (6.10-21)$$

keterangan

$\phi$  adalah 0,75

(a) Bila  $F_{fu}$  diterapkan pada sebuah jarak lebih besar dari atau sama dengan  $d_c/2$  dari ujung kolom

$$R_n = 0,80t_{cw}^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d_c} \right) \left( \frac{t_{cw}}{t_{cf}} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yc} t_{cf}}{t_{cw}}} \quad (6.10-22)$$

(b) Bila  $F_{fu}$  diterapkan pada suatu jarak kurang dari  $d_c/2$  dari ujung kolom

(i) untuk  $N/d_c \leq 0,2$ ,

$$R_n = 0,40t_{cw}^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d_c} \right) \left( \frac{t_{cw}}{t_{cf}} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yc} t_{cf}}{t_{cw}}} \quad (6.10-23)$$

(ii) untuk  $N/d_c > 0,2$ ,

$$R_n = 0,40t_{cw}^2 \left[ 1 + \left( \frac{4N}{d_c} - 0,2 \right) \left( \frac{t_{cw}}{t_{cf}} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yc} t_{cf}}{t_{cw}}} \quad (6.10-24)$$

keterangan

$N$  adalah ketebalan sayap balok ditambah 2 kali ukuran kaki perkuatan las tumpul, in. (mm)

$d_c$  adalah keseluruhan tinggi penampang kolom, in. (mm)

Jika persyaratan kekuatan Persamaan 6.10-21 tidak dipenuhi, diperlukan pelat penerus badan kolom.



**Langkah 6.** Jika pelat pengaku dibutuhkan untuk setiap keadaan batas sisi kolom, kekuatan perlu adalah

$$F_{su} = F_{fu} - \min(\phi R_n) \quad (6.10-25)$$

dimana  $\min(\phi R_n)$  adalah nilai kekuatan desain minimum dari Pasal 6.10.2 Langkah 2 (lentur sayap kolom), Langkah 3 (pelelehan badan kolom), Langkah 4 (tekuk badan kolom), dan Langkah 5 (lipat badan kolom)

Desain pelat penerus juga harus memenuhi Bab E SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, dan las-las harus dirancang menurut Pasal 6.7(3).

**Langkah 7.** Periksa zona panel menurut Pasal 6.6(1).





## 7 Sambungan momen Pelat Sayap Berbaut (PSB)

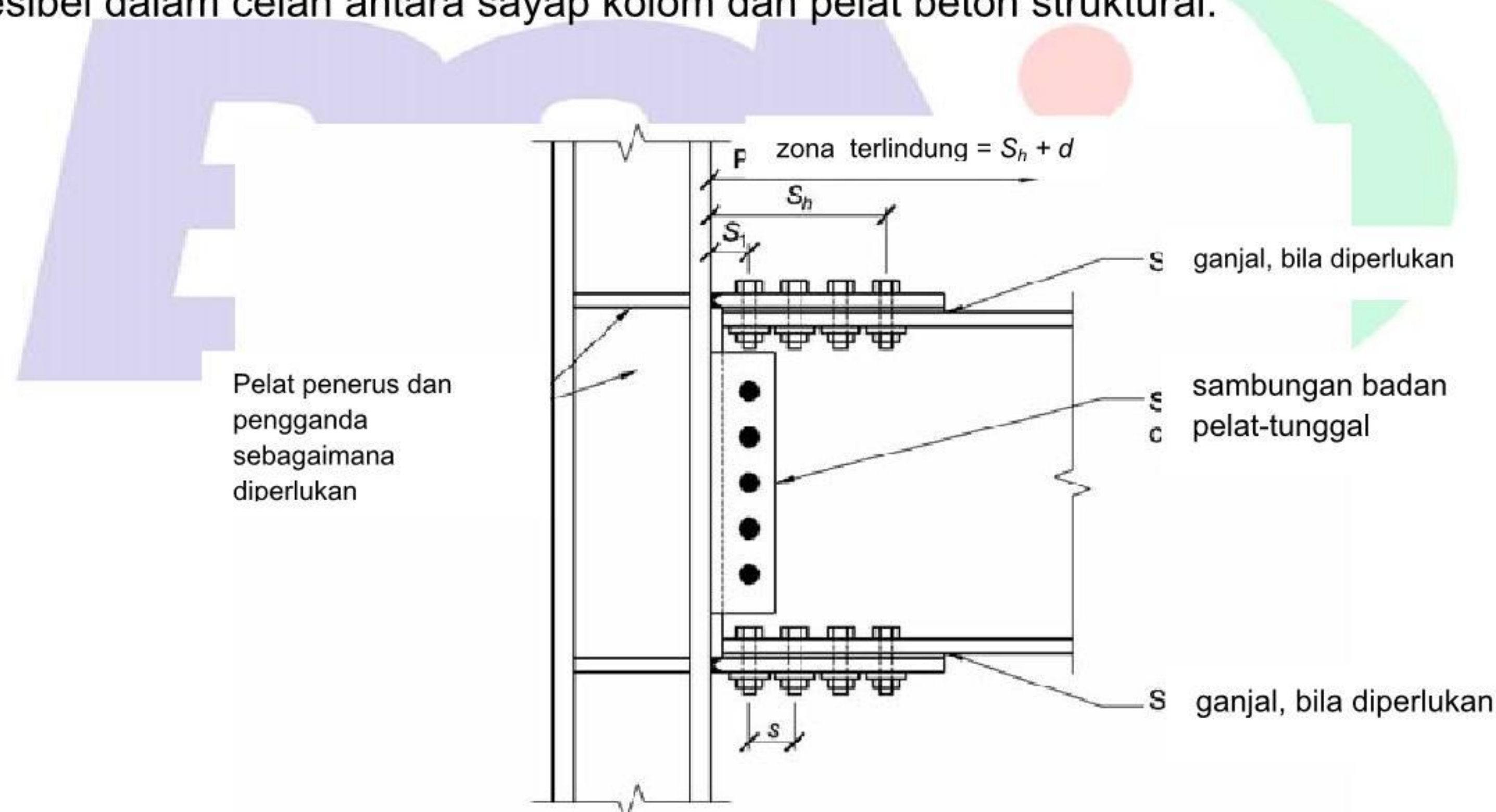
### 7.1 Umum

Sambungan momen pelat sayap berbaut (PSB) memanfaatkan pelat yang dilas ke sayap kolom dan dibaut ke sayap balok. Pelat bagian atas dan bagian bawah harus identik. Pelat sayap dilas ke sayap kolom menggunakan las tumpul penetrasi penuh dan sambungan sayap balok dibuat dengan baut-baut kekuatan-tinggi. Badan balok disambung ke sayap kolom menggunakan pelat geser dengan baut berlubang slot-pendek. Detail tipe sambungan ini diperlihatkan dalam Gambar 7.1. Pelelehan awal dan formasi sendi plastis dimaksudkan agar terjadi dalam balok pada daerah dekat ujung pelat sayap.

### 7.2 Sistem

Sambungan pelat sayap berbaut terpraktualifikasi untuk digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan sistem Rangka Momen Menengah (RMM) dalam pembatasan ketentuan-ketentuan ini.

**Pengecualian:** Sambungan pelat sayap berbaut dalam sistem RMK dengan pelat beton struktural hanya terpraktualifikasi jika pelat beton struktural dipertahankan paling sedikit 1 in. (25 mm) dari kedua sisi kedua sayap kolom. Diperbolehkan untuk menempatkan material kompresibel dalam celah antara sayap kolom dan pelat beton struktural.



Gambar 7.1. Sambungan momen pelat sayap berbaut.

### 7.3 Batas praktualifikasi

#### 7.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Balok harus komponen-komponen struktur WF gilasan atau profil-I tersusun dilas memenuhi persyaratan dalam Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai suatu maksimum W36 (W920) untuk bentuk gilasan. Tinggi penampang penampang tersusun tidak boleh melebihi Tinggi penampang yang diizinkan untuk profil WF gilasan.



- (3) Berat balok dibatasi sampai maksimum 150 lb/ft (224 kg/m).
- (4) Ketebalan sayap balok dibatasi sampai maksimum 1 in. (25 mm).
- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok dibatasi sebagai berikut:
  - (a) Untuk sistem RMK, 9 atau lebih besar.
  - (b) Untuk sistem RMM, 7 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- (7) Breising lateral balok harus disediakan sebagai berikut:  
 Bresing lateral balok harus memenuhi persyaratan SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Untuk memenuhi persyaratan Bab E SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural maka bresing lateral pada sendi plastis, bresing lateral tambahan harus disediakan pada kedua sayap balok bagian atas dan bagian bawah, dan harus ditempatkan sejarak  $d$  sampai  $1,5d$  dari baut terjauh dari muka kolom. Tidak ada pengikatan breising lateral harus dibuat dalam zona terlindung.  
  
**Pengecualian:** Untuk kedua sistem RMK dan RMM, dimana balok mendukung pelat beton struktural yang disambung sepanjang bentang balok antara zona-zona terlindung dengan konektor-konektor geser dilas berjarak maksimum 12 in. (300 mm) pada pusat, breising sayap bagian atas dan bagian bawah tambahan pada sendi plastis tidak disyaratkan.
- (8) Zona terlindung terdiri dari pelat sayap dan bagian dari balok antara muka kolom dan suatu jarak sama dengan tinggi penampang balok di belakang baut yang terjauh dari muka kolom.

### 7.3.2 Pembatasan Kolom

- (1) Kolom harus penampang bentuk gilasa atau penampang tersusun dilas yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus disambungkan ke sayap kolom.
- (3) Tinggi penampang kolom profil gilasa harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920) bila pelat beton struktural disediakan. Karena ketiadaan pelat beton struktural, tinggi penampang kolom profil gilasa dibatasi sampai maksimum W14 (W360). Kolom berprofil king-cross tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gilasa. Kolom-kolom boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (610 mm). Kolom boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (610 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen ortogonal.
- (4) Tidak ada pembatasan terhadap berat per satuan panjang dari kolom.
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk ketebalan sayap.
- (6) Rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk sayap-sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.



- (7) Breising lateral kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

#### 7.4 Pembatasan hubungan kolom-balok

Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (2) Rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

#### 7.5 Pendetailan sambungan

##### 7.5.1 Spesifikasi Material Pelat

Semua pelat sambungan harus memenuhi satu dari spesifikasi berikut: ASTM A36/A36M atau A572/A572M Grade 50 (345).

##### 7.5.2 Las Pelat Sayap Balok

Pelat-pelat sayap harus disambung ke sayap kolom menggunakan las tumpul penetrasi penuh dan harus diperhitungkan sebagai kritis perlu. *Backing*, jika digunakan, harus dihilangkan. Lintasan *root* harus di-*backgouge* sampai ke metal las dan kembali dilas.

##### 7.5.3 Las Sambungan Geser Pelat-Tunggal

Sambungan geser pelat-tunggal harus dilas ke sayap kolom. Sambungan pelat-tunggal ke sayap-kolom harus terdiri dari las-las tumpul penetrasi penuh, las tumpul penetrasi sebagian dua-sisi, atau las-las sudut dua-sisi.

##### 7.5.4 Persyaratan Baut

Baut harus secara simetris tersusun di sumbu-sumbu balok dan harus dibatasi sampai dua baut tiap-tiap lajur dalam sambungan pelat sayap. Panjang kelompok baut tidak boleh melebihi tinggi penampang balok. Lubang-lubang standar harus digunakan dalam sayap-sayap balok. Lubang-lubang dalam pelat-pelat sayap harus lubang-lubang standar atau lubang-lubang ukuran-berlebih. Lubang-lubang baut dalam sayap-sayap balok dan dalam pelat-pelat sayap harus dibuat dengan pengeboran atau dengan sub-punching dan pelebaran/pembesaran. Lubang-lubang dipons tidak diizinkan.

**Catatan:** Walaupun lubang-lubang standar diizinkan dalam pelat sayap, penggunaannya kemungkinan akan mengakibatkan modifikasi lapangan untuk mengakomodasi toleransi ereksi.

Baut-baut pada pelat-pelat sayap harus perakitan ASTM A490 atau A490M atau ASTM F2280. Ulir-ulir harus dikecualikan dari bidang geser. Diameter baut dibatasi sampai maksimum 1 1/8 in. (28 mm).



### 7.5.5 Ganjal Pelat Sayap

Ganjal dengan ketebalan maksimum keseluruhan 1/4 in. (6 mm) dapat digunakan antara pelat sayap dan sayap balok seperti diperlihatkan dalam Gambar 7.1. Ganjal, jika disyaratkan, dapat ganjal menjari atau dapat dibuat dengan lubang-lubang dibor atau lubang-lubang di-pons.

### 7.6 Prosedur desain

**Langkah 1.** Hitung kemungkinan momen maksimum pada sendi plastis,  $M_{pr}$ , menurut Pasal 2.4.3.

**Langkah 2.** Hitung diameter baut maksimum untuk mencegah keruntuhan tarik sayap balok. Untuk lubang-lubang standar dengan dua baut tiap-tiap baris:

$$d_b \leq \frac{b_f}{2} \left( 1 - \frac{R_y F_y}{R_t F_u} \right) - 1/8 \text{ in.} \quad (7.6-2)$$

$$d_b \leq \frac{b_f}{2} \left( 1 - \frac{R_y F_y}{R_t F_u} \right) - 3 \text{ mm} \quad (\text{S.I.}) \quad (7.6-2M)$$

Pilih diameter baut. Pilih yang jarak tepi untuk lubang-lubang sayap balok memenuhi persyaratan SNI *Spesifikasi*.

**Langkah 3.** Asumsikan ketebalan pelat sayap,  $t_p$ . Perkirakan lebar pelat sayap,  $b_{fp}$ , dengan mempertimbangkan ukuran baut, persyaratan jarak tepi baut, dan lebar sayap balok. Tentukan kekuatan geser nominal yang menentukan dari tiap-tiap baut dengan memperhitungkan geser baut dan tumpuan baut:

$$r_n = \min \begin{cases} 1,0 F_{nv} A_b \\ 2,4 F_{ub} d_b t_f \\ 2,4 F_{up} d_b t_p \end{cases} \quad (7.6-3)$$

keterangan

$A_b$  adalah luas nominal *body* tanpa ulir dari baut, in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$F_{nv}$  adalah kekuatan geser nominal baut dari SNI *Spesifikasi*, ksi (MPa)

$F_{ub}$  adalah kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material balok, ksi (MPa)

$F_{up}$  adalah kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material pelat, ksi (MPa)

$d_b$  adalah diameter nominal baut, in. (mm)

$t_f$  adalah ketebalan sayap balok, in. (mm)

$t_p$  adalah ketebalan pelat sayap, in. (mm)

**Langkah 4.** Pilih perkiraan sejumlah baut.

**Catatan:** Persamaan berikut ini boleh digunakan untuk memperkirakan jumlah baut.

$$n \geq \frac{1,25 M_{pr}}{\phi_n r_n (d + t_p)} \quad (7.6-4)$$



keterangan

$n$  adalah jumlah baut dibulatkan ke atas ke jumlah genap berikutnya

$d$  adalah tinggi penampang balok, in. (mm)

**Langkah 5.** Tentukan lokasi sendi plastis balok,  $S_h$ , diukur dari muka kolom.

$$S_h = S_1 + s \left( \frac{n}{2} - 1 \right) \quad (7.6-5)$$

keterangan

$S_1$  adalah jarak dari muka kolom ke baris terdekat baut, in. (mm)

$s$  adalah spasi antar baris baut, in. (mm)

Spasi antar baris baut,  $s$ , dan jarak tepi harus cukup besar untuk menjamin bahwa  $L_c$ , seperti ditetapkan dalam SNI *Spesifikasi*, lebih besar atau sama dengan  $2d_b$ .

**Langkah 6.** Hitung gaya geser pada lokasi sendi plastis balok pada setiap ujung balok.

Gaya geser pada lokasi sendi,  $V_h$ , harus ditentukan dari diagram *free body* dari bagian balok antara lokasi sendi plastis. Penghitungan ini harus mengasumsikan momen pada lokasi sendi plastis adalah  $M_{pr}$  dan harus mencakup beban gravitasi yang bekerja pada balok berdasarkan kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$ , di mana  $f_1$  adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban-beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5.

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  adalah menurut SNI 1727. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

**Langkah 7.** Hitung momen ekspektasi pada muka sayap kolom.

$$M_f = M_{pr} + V_h S_h \quad (7.6-6)$$

keterangan

$V_h$  adalah yang terbesar dari dua nilai gaya geser di lokasi sendi plastis pada setiap ujung balok, kips (N).

Persamaan 7.6-6 mengabaikan beban gravitasi pada bagian balok antara sendi plastis dan muka kolom. Jika diinginkan, beban gravitasi pada bagian kecil dari balok ini boleh diperhitungkan.

**Langkah 8.** Hitung  $F_{pr}$ , gaya dalam pelat sayap akibat  $M_f$ .

$$F_{pr} = \frac{M_f}{(d + t_p)} \quad (7.6-7)$$

keterangan

$d$  adalah tinggi penampang balok, in. (mm)

$t_p$  adalah ketebalan pelat sayap, in. (mm)



**Langkah 9.** Tetapkan bahwa jumlah baut yang dipilih dalam Langkah 4 adalah cukup.

$$n \geq \frac{F_{pr}}{\phi_n r_n} \quad (7.6-8)$$

**Langkah 10.** Periksa bahwa ketebalan pelat sayap yang diasumsikan dalam Langkah 3 adalah cukup:

$$t_p \geq \frac{F_{pr}}{\phi_d F_y b_{fp}} \quad (7.6-9)$$

keterangan

$F_y$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari pelat sayap, ksi (MPa)

$b_{fp}$  adalah lebar pelat sayap, in. (mm)

**Langkah 11.** Periksa pelat sayap untuk keruntuhan tarik.

$$F_{pr} \leq \phi_n R_n \quad (7.6-10)$$

di mana  $R_n$  seperti ditetapkan dalam ketentuan keruntuhan tarik Bab J SNI *Spesifikasi*.

**Langkah 12.** Periksa sayap balok untuk blok geser.

$$F_{pr} \leq \phi_n R_n \quad (7.6-11)$$

di mana  $R_n$  seperti ditetapkan dalam ketentuan blok geser Bab J SNI *Spesifikasi*.

**Langkah 13.** Periksa pelat sayap untuk tekuk tekan.

$$F_{pr} \leq \phi_n R_n \quad (7.6-12)$$

di mana  $R_n$  seperti ditetapkan dalam ketentuan tekuk tekan Bab J SNI *Spesifikasi*.

**Catatan:** Bila pemeriksaan tekuk tekan pelat sayap, panjang efektif,  $KL$ , dapat diambil sebagai  $0,65S_1$ .

Beberapa perulangan dari Langkah 3 sampai dengan 13 dapat disyaratkan untuk menentukan suatu ukuran pelat sayap yang dapat diterima.

**Langkah 14.** Tentukan kekuatan geser yang diperlukan,  $V_u$ , dari balok dan sambungan badan-balok-ke-kolom dari:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (7.6-13)$$

keterangan

$L_h$  adalah jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)

$V_{gravitasi}$  adalah gaya geser balok yang dihasilkan dari  $1,2D + f_1 L + 0,2S$  (bila  $f_1$  adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)



**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  adalah menurut SNI Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Periksa kekuatan geser desain balok memenuhi SNI *Spesifikasi*.

**Langkah 15.** Desain sambungan geser pelat-tunggal untuk kekuatan geser yang diperlukan,  $V_u$ , dihitung dalam Langkah 14 dan ditempatkan pada muka kolom, memenuhi persyaratan SNI *Spesifikasi*.

**Langkah 16.** Periksa persyaratan pelat penerus yang memenuhi Bab 2.

**Langkah 17.** Periksa zona panel kolom yang memenuhi Pasal 7.4.

Kekuatan geser yang diperlukan dari zona panel harus ditentukan dari penjumlahan momen-momen pada muka-muka kolom seperti ditentukan oleh pemoreksian momen-momen sama dengan  $R_y F_y Z_e$  pada titik-titik sendi plastis ke muka-muka kolom. Untuk  $d$ , ditambah dua kali ketebalan pelat sayap pada tinggi penampang balok.





## 8 Sambungan momen Sayap Tanpa Penguat Dilas - Badan Dilas (STPD-BD)

### 8.1 Umum

Pada sambungan momen Sayap Tanpa Penguat Dilas - Badan Dilas (STPD-BD), rotasi inelastis terjadi terutama akibat pelelehan balok di daerah yang berdekatan dengan muka kolom. Keruntuhan sambungan dikendalikan melalui persyaratan pendetailan khusus sehubungan dengan las yang menghubungkan sayap balok dengan sayap kolom, las yang menghubungkan badan balok ke sayap kolom, dan bentuk dan penyelesaian dari lubang-lubang akses las. Tampilan keseluruhan dari sambungan ini diperlihatkan dalam Gambar 8.1.

### 8.2 Sistem

Sambungan momen STPD-BD terpraktualifikasi untuk digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan sistem Rangka Momen Menengah (RMM) dalam batas-batas ketentuan ini.

### 8.3 Batas praktualifikasi

#### 8.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:



**Gambar 8.1. Sambungan momen STPD-BD.**

- (1) Balok harus merupakan WF gilas atau profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai maksimum W36 (W920) untuk profil gilas. Tinggi penampang profil tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil WF.
- (3) Berat balok dibatasi sampai maksimum 150 lb/ft (224 kg/m).
- (4) Ketebalan sayap balok dibatasi sampai maksimum 1 in. (25 mm).
- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok dibatasi sebagai berikut:



- (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
  - (b) Untuk sistem RMM, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk sayap balok dan badan balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (7) Breising lateral balok harus disediakan sebagai berikut:
- Breising lateral balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Untuk memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* untuk breising lateral pada sendi plastis, breising lateral tambahan harus disediakan pada sayap balok bagian atas dan bagian bawah, dan harus ditempatkan pada jarak  $d$  sampai  $1,5d$  dari muka kolom. Breising lateral balok harus tidak berada di daerah sejarak  $d$  dari muka kolom.
- Pengecualian:** Untuk sistem RMK dan RMM, di mana balok mendukung *pelat beton struktural* yang tersambung sepanjang bentang balok antara zona terlindung dengan konektor geser yang dilas dengan spasi maksimum 12 in. (300 mm) pusat-ke-pusat, tambahan breising sayap bagian atas dan bagian bawah pada sendi plastis tidak diperlukan.
- (8) Zona terlindung terdiri dari bagian balok antara muka kolom dan jarak satu tinggi penampang balok,  $d$ , dari muka kolom.

### 8.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom harus berupa profil gilas atau profil tersusun yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus tersambung ke sayap kolom.
- (3) Tinggi penampang kolom profil gilas harus dibatasi sampai dengan maksimum W36 (W920). Tinggi penampang kolom WF tersusun tidak boleh melebihi yang diizinkan untuk profil gilas. Kolom *king-cross* tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gilas. Kolom boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (610 mm). Kolom Boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (610 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen ortogonal.
- (4) Tidak ada pembatasan dari berat per satuan panjang kolom.
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk ketebalan sayap.
- (6) Rasio lebar-terhadap-ketebalan untuk sayap kolom dan badan kolom harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (7) Breising lateral kolom harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.



#### 8.4. Pembatasan hubungan kolom-balok

Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi batasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (2) Rasio momen kolom-balok harus dibatasi sebagai berikut:
  - (a) Untuk sistem RMK, rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Nilai  $\Sigma M_{pb}^*$  harus diambil sama dengan  $\Sigma(M_{pr} + M_{uv})$ , dimana  $M_{pr}$  dihitung menurut Langkah 1 dalam Pasal 8.7 dan  $M_{uv}$  adalah momen tambahan akibat amplifikasi geser dari sendi plastis ke sumbu kolom.  $M_{uv}$  boleh dihitung sebagai  $V_h(d_c/2)$ , di mana  $V_h$  adalah geser pada sendi plastis yang dihitung dalam Langkah 3 Pasal 8.7, dan  $d_c$  adalah tinggi penampang kolom.
  - (b) Untuk sistem RMM, rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

#### 8.5 Las sayap balok-ke-sayap kolom

Sambungan sayap balok-ke-sayap kolom harus memenuhi batasan sebagai berikut:

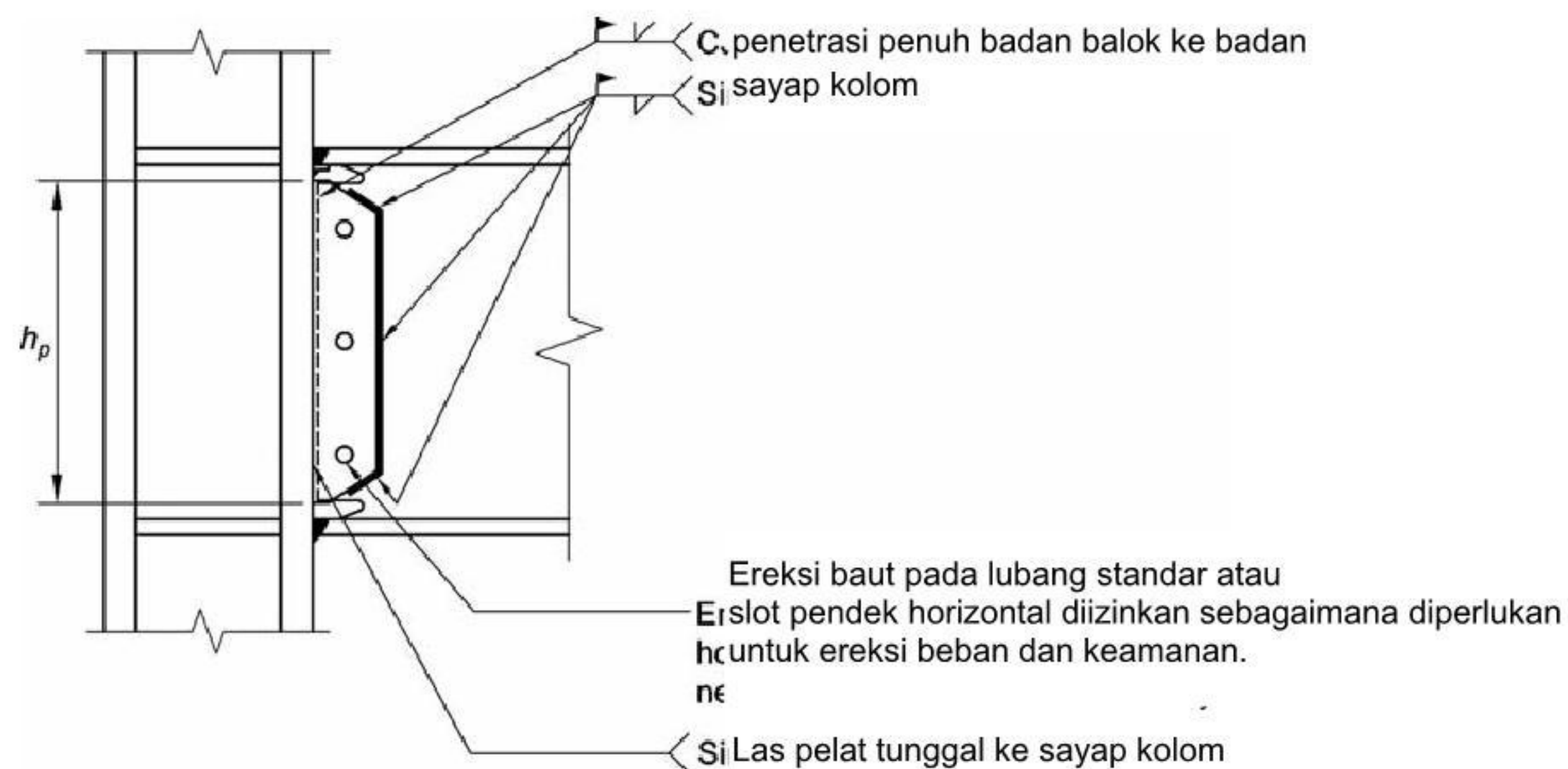
- (1) Sayap balok harus disambung ke sayap kolom menggunakan las tumpul penetrasi-*joint*-lengkap. Las sayap balok harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (2) Geometri lubang akses las harus memenuhi persyaratan AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.10.1.2. Persyaratan kualitas lubang akses las harus memenuhi persyaratan AWS D1.8.

#### 8.6 Pembatasan sambungan badan balok-ke-kolom

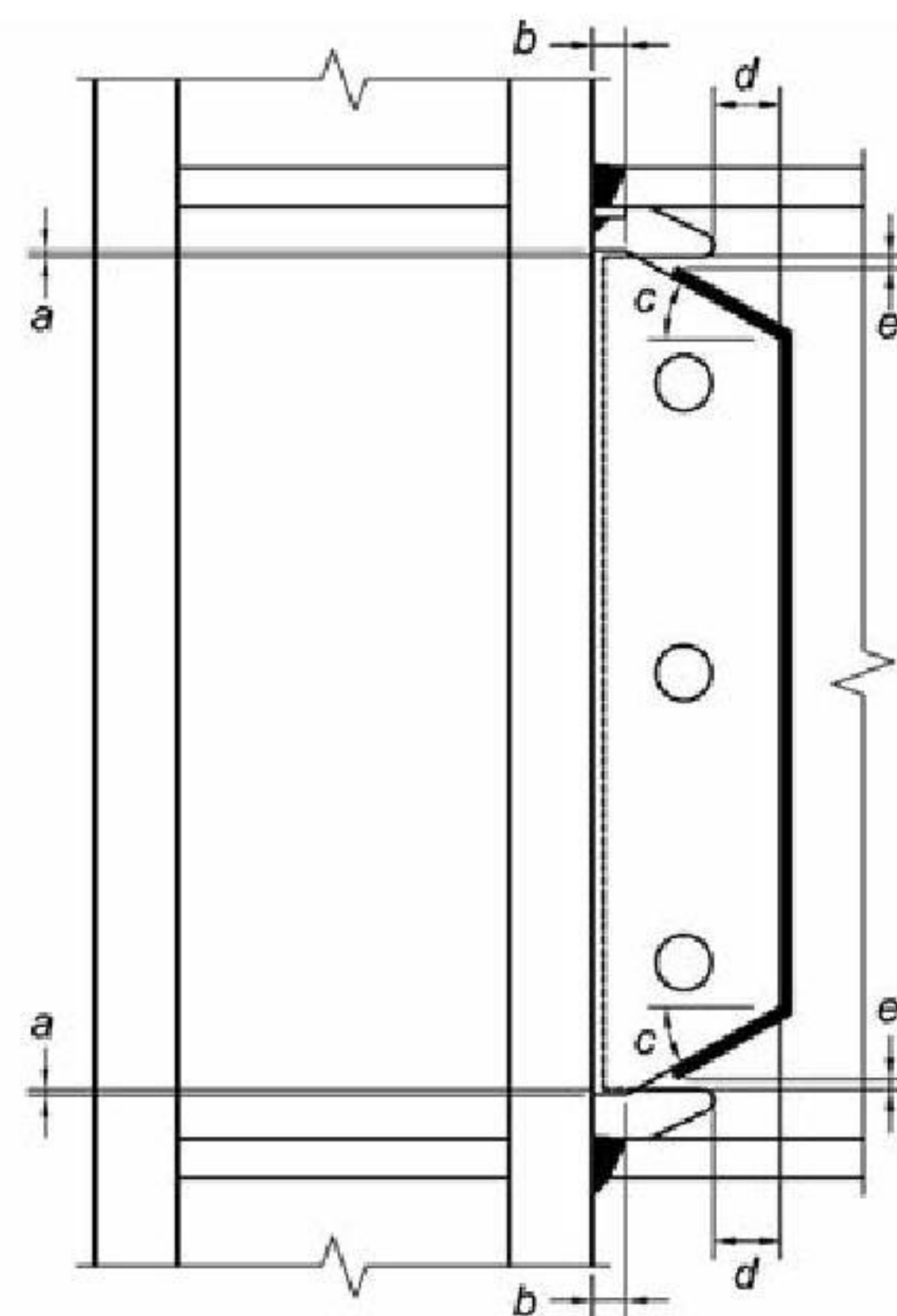
Detail menyeluruh dari sambungan badan balok-ke-sayap kolom diperlihatkan dalam Gambar 8.2. Sambungan geser pelat-tunggal harus memenuhi persyaratan yang diperlihatkan dalam Gambar 8.2. Sambungan badan balok-ke-sayap kolom harus memenuhi batasan sebagai berikut:

- (1) Sambungan geser pelat-tunggal harus memiliki ketebalan sedikitnya sama dengan ketebalan badan balok. Tinggi pelat tunggal harus mengizinkan overlap minimum 1/4-in. (6-mm) dan maksimum 1/2-in. (12-mm) dengan lubang akses las pada bagian atas dan bagian bawah seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.3. Lebar harus diperpanjang minimum 2 in. (50 mm) melewati ujung lubang akses las.





Gambar. 8.2. Detail umum sambungan badan balok-ke-sayap kolom.



Catatan

- a = minimum ¼ in. (6 mm), maksimum ½ in. (12 mm)
- b = minimum 1 in. (25 mm)
- c = 30° (± 10°)
- d = minimum 2 in. (50 mm)
- e = jarak minimum ½ in. (12 mm), jarak maksimum 1 in. (25 mm) dari ujung las sudut ke tepi lubang akses

Gambar 8.3. Detail pada bagian atas dan bagian bawah sambungan geser pelat-tunggal.

- (2) Sambungan geser pelat-tunggal harus dilas ke sayap kolom. Kekuatan geser desain las harus sedikitnya  $h_p t_p (0,6 R_y F_{yp})$ , di mana  $h_p$  didefinisikan sebagai panjang pelat, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.2, dan  $t_p$  adalah ketebalan pelat.
- (3) Sambungan geser pelat-tunggal harus disambung ke badan balok dengan las sudut, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.2 dan 8.3. Ukuran las sudut harus sama dengan ketebalan pelat tunggal dikurangi 1/16 in. (2 mm). Las sudut harus diteruskan sepanjang bagian miring atas dan bawah dari pelat tunggal, dan sepanjang panjang vertikal pelat tunggal, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.2 and 8.3. Las sudut pada bagian miring atas dan bawah dari pelat tunggal harus dihentikan sedikitnya 1/2 in. (12 mm) tetapi tidak lebih dari 1 in. (25 mm) dari tepi lubang akses las, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.3.



- (4) Baut ereksi pada lubang standar atau slot pendek horizontal diizinkan sebagaimana diperlukan.
- (5) Las tumpul *penetrasi penuh* harus digunakan antara badan balok dan sayap kolom. Las ini harus diterapkan sepanjang badan antara lubang-lubang akses las, dan harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan AWS D1.8/D1.8M. Las *tab* tidak dibutuhkan. Las *tab*, jika digunakan, harus dihilangkan sesudah pengelasan menurut persyaratan Pasal 3.4. Bila las *tab* tidak digunakan, penggunaan *pengakhiran las berbentuk kaskade* di dalam las tumpul diizinkan pada sudut maksimum  $45^\circ$ . Pengujian nondestruktif (PND) pada pengakhiran las berbentuk *kaskade* tidak perlu dilakukan.

## 8.7 Prosedur desain

**Langkah 1.** Hitung *momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis*,  $M_{pr}$ , menurut Pasal 2.4.3. Nilai  $Z_e$  harus diambil sama dengan  $Z_x$  dari penampang balok dan nilai  $C_{pr}$  harus diambil sama dengan 1,4.

**Catatan:** Nilai  $C_{pr}$  1,4 untuk sambungan momen STPD-BD adalah berdasarkan data eksperimental yang menunjukkan tingkat pengerasan regangan yang tinggi.

**Langkah 2.** Lokasi *sendi plastis* harus diambil di muka kolom; yaitu,  $S_h = 0$ .

**Langkah 3.** Hitung gaya geser,  $V_h$ , pada lokasi *sendi plastis* di setiap ujung balok.

Gaya geser pada lokasi *sendi plastis* harus ditentukan dari diagram *free body* dari bagian balok di antara *sendi plastis*. Perhitungan ini harus mengasumsikan momen pada setiap *sendi plastis* adalah  $M_{pr}$  dan harus memasukkan beban gravitasi yang bekerja pada balok di antara *sendi plastis* berdasarkan kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$ .

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  menurut SNI Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

**Langkah 4.** Periksa pembatasan hubungan kolom-balok menurut Pasal 8.4. Untuk RMK, kekuatan geser perlu dari zona panel, menurut *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, harus ditentukan dari penjumlahan dari momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom. Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom harus diambil sebagai  $M_{pr}$ , yang dihitung pada Langkah 1. Gunakan pelat pengganda bila diperlukan.

**Langkah 5.** Periksa kekuatan geser desain balok:

Kekuatan geser perlu,  $V_u$ , dari balok harus diambil dari yang terbesar antara dua nilai  $V_h$  yang dihitung pada setiap ujung balok dalam Langkah 3.

**Langkah 6.** Periksa persyaratan pelat penerus kolom menurut Pasal 2.4.4. Gunakan pelat penerus bila diperlukan.

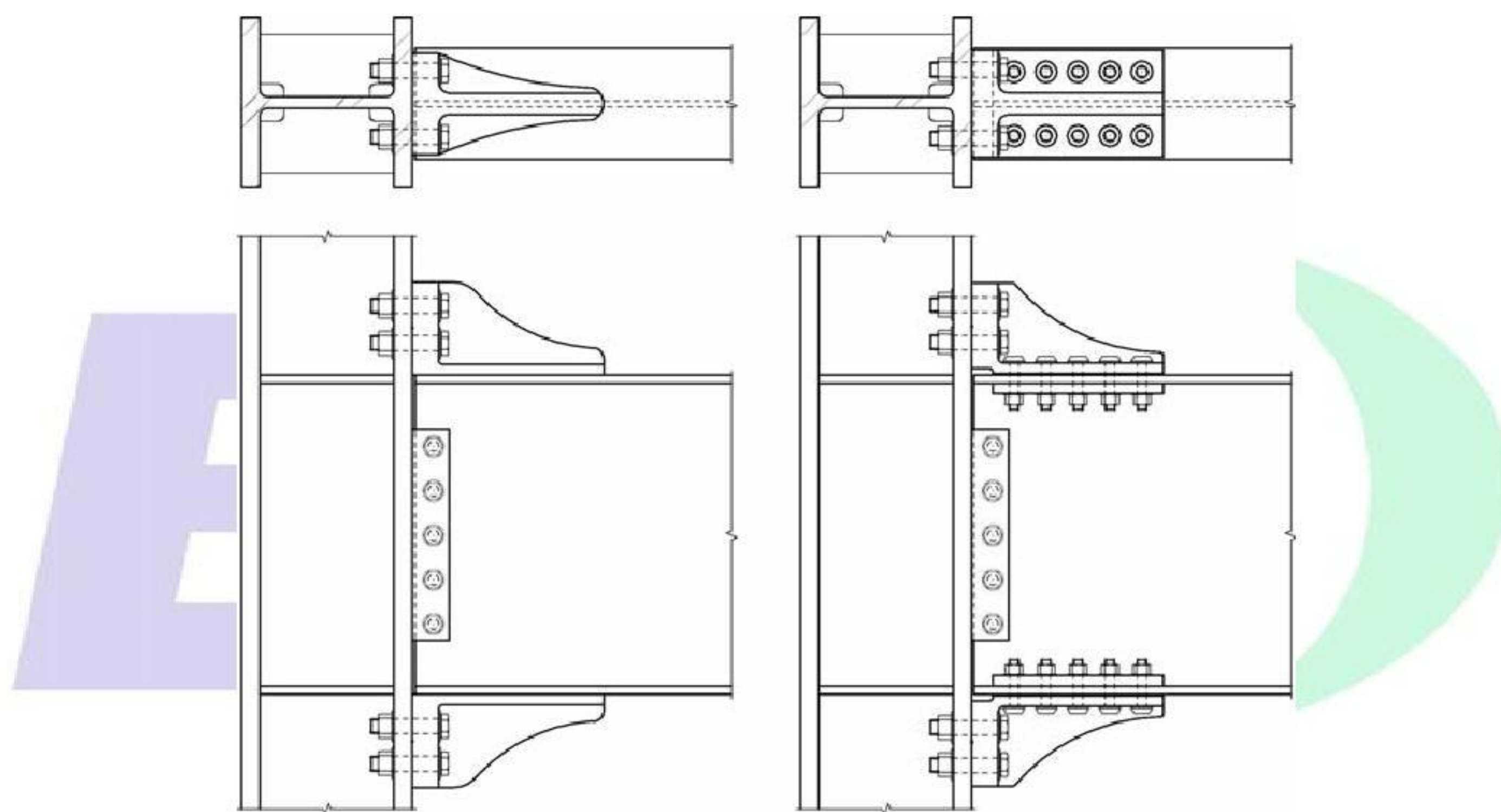


## 9. Sambungan momen *Bracket Berbaut Kaiser* (BBK)

Harap diperhatikan bahwa tipe sambungan ini dilindungi oleh hak paten. Standar ini tidak berhubungan dengan keabsahan klaim atau hak paten manapun yang berhubungan dengannya. Pemegang paten telah menyatakan kesediaan untuk memberikan lisensi dengan persyaratan dan ketentuan yang wajar dan tanpa diskriminasi kepada pengguna.

### 9.1 Umum

Pada sambungan momen *Bracket Berbaut Kaiser* (BBK), *bracket* cor berkekuatan-tinggi diikatkan pada setiap sayap balok dan dibaut ke sayap kolom seperti diperlihatkan dalam Gambar 9.1. Pengikatan *bracket* ke sayap balok diizinkan untuk dilas (Gambar 9.1a) atau dibaut (Gambar 9.1b). Bila dilas ke sayap balok, lima konfigurasi *bracket* seri-W yang tersedia diperlihatkan dalam Gambar 9.2.



**Gambar 9.1. Sambungan bracket berbaut Kaiser. (a) Sambungan seri-W; (b) Sambungan seri-B.**

Bila dibaut ke sayap balok, dua konfigurasi *bracket* seri-B yang tersedia diperlihatkan dalam gambar 9.3. Konfigurasi *bracket* diproporsikan untuk mengembangkan kekuatan momen maksimum yang mungkin terjadi dari balok yang disambung. Pelelehan dan pembentukan sendi plastis terutama ditujukan terjadi di balok pada ujung *bracket* jauh dari muka kolom.

### 9.2 Sistem

Sambungan BBK terpraktualifikasi untuk digunakan pada sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM) dalam batas-batas ketentuan ini.

**Pengecualian:** Sistem RMK BBK dengan *pelat beton struktural* hanya terpraktualifikasi jika pelat beton struktural dijaga sedikitnya 1 in. (25 mm) dari kedua sisi-sisi sayap kolom dan sayap vertikal *bracket*. Diizinkan untuk menempatkan material kompresibel dalam celah pada lokasi ini.

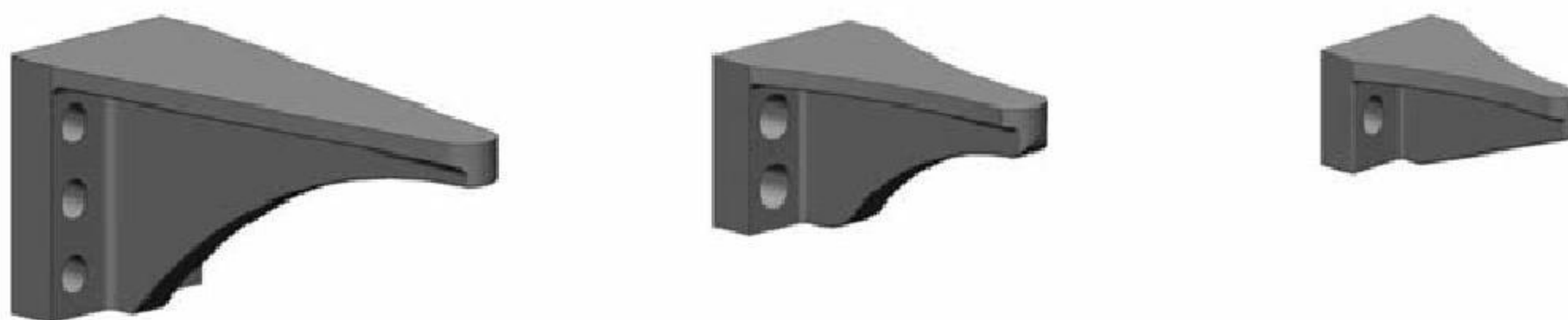


### 9.3 Batas prakualifikasi

#### 9.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi batasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus berupa profil WF gilas atau profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.



**Gambar 9.2. Konfigurasi seri-W bracket berbaut kaiser:**  
(a) enam baut kolom, W1.0; (b) empat baut kolom, W2.0 dan W2.1; dan  
(c) dua baut kolom, W3.0 dan W3.1.



**Gambar 9.3. Konfigurasi seri-B bracket berbaut kaiser:**  
(a) enam baut kolom, B1.0, dan (b) empat baut kolom, B2.1.

- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai maksimum W33 (W840) untuk jenis gilas. Tinggi penampang dari profil tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk jenis WF gilas.
- (3) Berat balok dibatasi sampai maksimum 130 lb/ft (195 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok dibatasi sampai maksimum 1 in. (25 mm).
- (5) Lebar sayap balok harus paling sedikit 6 in. (152 mm) untuk *bracket* seri-W dan paling sedikit 10 in. (250 mm) untuk *bracket* seri-B.
- (6) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok harus dibatasi sampai 9 atau lebih besar untuk sistem RMK dan RMM.
- (7) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- (8) Bresing lateral balok harus disediakan sebagai berikut:



- (a) Untuk sistem RMK, memenuhi *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Bresing lateral tambahan harus disediakan pada sendi plastis ekspektasi yang memenuhi *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Bila breising lateral tambahan disediakan, pengikatan breising lateral tambahan ke balok harus ditempatkan pada jarak  $d$  sampai  $1,5d$  dari ujung *bracket* terjauh dari muka kolom, dimana  $d$  adalah tinggi penampang balok. Tidak ada pengikatan breising lateral harus dibuat ke balok pada daerah yang diperpanjang dari muka kolom ke suatu jarak  $d$  melewati ujung *bracket*.

- (b) Untuk sistem RMM, memenuhi *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

**Pengecualian:** Untuk kedua sistem, dimana balok mendukung suatu pelat beton struktural yang disambung antara zona terlindung dengan konektor geser dilas berjarak di maksimum 12 in. (300 mm) pada pusat, tambahan breising sayap bagian atas dan bagian bawah pada sendi ekspektasi tidak diperlukan.

- (9) Zona terlindung terdiri dari bagian balok antara muka kolom dan satu tinggi penampang balok,  $d$ , melewati ujung *bracket* terjauh dari muka kolom.

### 9.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Kolom harus profil gilas atau profil tersusun yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus disambung ke sayap kolom.
- (3) Lebar sayap kolom harus paling sedikit 12 in. (305 mm).
- (4) Tinggi penampang profil kolom gilas harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920) bila sebuah pelat beton struktural disediakan. Bila tidak menggunakan pelat beton struktural, tinggi penampang kolom jenis gilas dibatasi sampai maksimum W14 (W360). Tinggi penampang kolom WF tersusun tidak boleh melebihi yang untuk profil gilas. Kolom *king-cross* tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk jenis gilas. Kolom boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 16 in. (406 mm). Kolom Boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 16 in. (406 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen orthogonal.
- (5) Tidak ada batas berat per satuan panjang kolom.
- (6) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap.
- (7) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (8) Bresing lateral kolom harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.



### 9.3.3 Pembatasan *Bracket*

*Bracket* baja-tuang kekuatan tinggi harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Penuangan *bracket* harus memenuhi persyaratan Lampiran A.
- (2) Konfigurasi *bracket* dan proporsi harus memenuhi Pasal 9.8.
- (3) Lubang-lubang dalam *bracket* untuk baut-baut kolom harus lubang-lubang berslot-pendek vertikal. Lubang-lubang untuk baut-baut balok harus lubang-lubang standar.
- (4) Tebal material, jarak tepi dan jarak ujung harus memiliki toleransi  $\pm 1/16$  in. (2 mm). Lokasi lubang harus memiliki toleransi  $\pm 1/16$  in. (2 mm). Dimensi keseluruhan *bracket* harus memiliki toleransi  $\pm 1/8$  in. (3 mm).

### 9.4 Pembatasan hubungan kolom-balok

Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (2) Rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

### 9.5 Pembatasan *bracket*-ke-sayap kolom

Sambungan *bracket*-ke-sayap kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Pengencang sayap kolom harus berupa baut-baut pratarik ASTM A490, A490M, A354 Grade BD, atau batang berulir A 354 Grade BD, dan harus memenuhi persyaratan Bab 4.
- (2) Lubang-lubang baut sayap kolom harus  $1/8$  in. (3 mm) lebih besar dari diameter baut nominal. Lubang-lubang baut harus dibor atau dipons dan diperbesar. Lubang-lubang di-pons tidak diizinkan.
- (3) Penggunaan ganjal menjari pada salah satu atau kedua sisi-sisi pada bagian atas dan/atau bagian bawah sambungan *bracket* diizinkan, harus mengikuti pembatasan *RCSC Specification*.
- (4) Bila dibaut ke suatu kolom boks, pelat ring baja harus dimasukkan antara kolom boks dan *bracket* pada kedua muka kolom. Pelat ring harus ASTM A572/A572M Kelas/Grade 50 (345) atau lebih baik dan harus didesain untuk menyalurkan gaya-gaya baut pada tepi-tepi sisi-luar kolom. Bila disyaratkan, tebal pelat vertikal boleh diperpanjang melewati daerah permukaan kontak hingga 4 in. (102 mm). Tebal pelat tidak boleh melebihi 3 in. (76 mm). Sarana penyambung harus melewati bagian dalam dari kolom boks dan diangkurkan pada muka yang berlawanan. Muka yang berlawanan juga harus memiliki sebuah pelat ring baja.
- (5) Bila penyambungan ke muka ortogonal suatu kolom boks terjadi bersamaan dengan suatu sambungan pada muka kolom utama, sebuah pelat pengatur jarak baja  $1\frac{3}{4}$ -in. (44-mm) harus disisipkan/dimasukkan antara sayap-sayap balok dan sambungan ortogonal *bracket*. Pelat penjaga jarak harus dibuat dari material baja struktural apapun



yang tercakup dalam SNI *Spesifikasi* dan harus perkiraan lebar dan panjang yang cocok dengan luas permukaan kontak *bracket*.

## 9.6 Pembatasan sambungan *bracket*-ke-sayap balok

Sambungan *bracket*-ke-sayap balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Bila dilas ke sayap balok, *bracket* harus disambung menggunakan las sudut. Las *bracket* harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam SNI *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan AWS D1.8/D1.8M, dan persyaratan AWS D1.1/D1.1M. Spesifikasi prosedur las (SPL/WPS) untuk las sudut yang menghubungkan *bracket* ke sayap balok harus memenuhi kualifikasi material tuang. Las-las tidak boleh dimulai atau dihentikan sejarak 2 in. (51 mm) dari ujung *bracket* dan harus menerus di sekeliling ujung.
- (2) Bila dibaut ke sayap balok, pengencang harus dipratarik baut-baut ASTM A490 atau A490M dengan ulir-ulir dikecualikan dari bidang geser dan harus memenuhi persyaratan Bab 4.
- (3) Lubang-lubang baut sayap balok harus 1 5/32 in. (29 mm) dan harus dibor menggunakan *bracket* sebagai suatu contoh. Lubang-lubang di-pons tidak diizinkan.
- (4) Bila dibaut ke sayap balok, tebal pelat ring kuningan 1/8-in. (3-mm) dengan perkiraan lebar dan panjang yang cocok dengan luas permukaan kontak *bracket* harus ditempatkan antara sayap balok dan *bracket*. Kuningan harus setengah-keras memenuhi lembaran ASTM B19 atau B36/B36M.
- (5) Bila dibaut ke sayap balok, tebal ring pelat 1-in. (25-mm) dengan lebar 4-in. (102-mm) ASTM A572/A572M Grade 50 (345) harus digunakan pada sisi yang berlawanan dari sayap balok yang disambung.

## 9.7 Pembatasan sambungan badan balok-ke-kolom

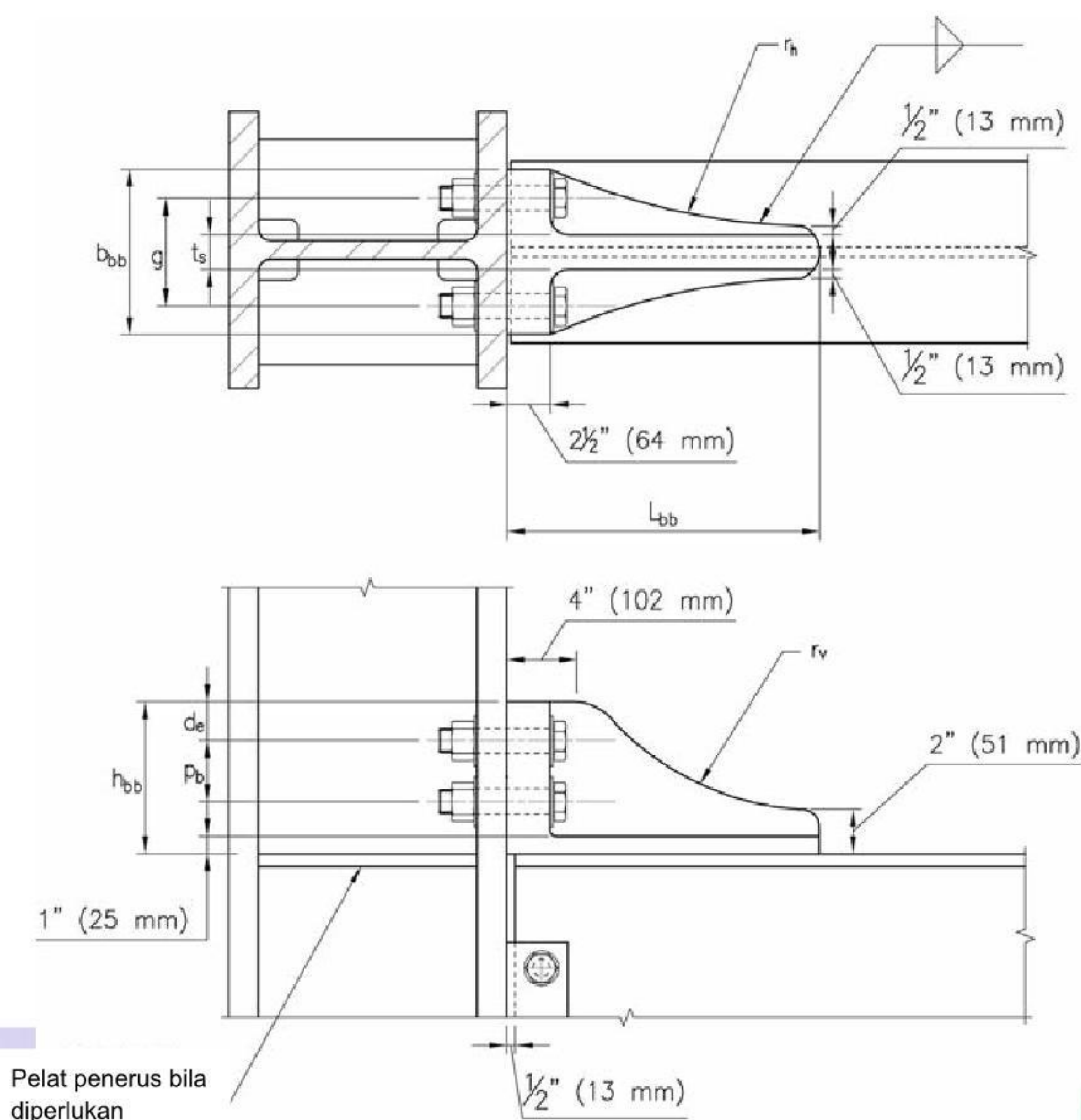
Sambungan badan balok-ke-sayap kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Kekuatan geser yang diperlukan dari sambungan badan balok harus ditentukan menurut Pasal 9.9.
- (2) Sambungan geser pelat-tunggal harus disambung ke sayap kolom menggunakan suatu las sudut dua-sisi, las tumpul PJS/PJP dua-sisi atau las tumpul penetrasi penuh.

## 9.8 Pendetailan sambungan

Jika dilas ke sayap balok, Gambar 9.4 memperlihatkan pendetailan sambungan untuk konfigurasi *bracket* seri-W. Jika dibaut ke sayap balok, Gambar 9.5 memperlihatkan pendetailan sambungan untuk konfigurasi *bracket* seri-B. Tabel 9.1 meringkas proporsi KBB dan parameter-parameter baut kolom. Tabel 9.2 meringkas proporsi desain untuk konfigurasi *bracket* seri-W. Tabel 9.3 meringkas proporsi desain untuk konfigurasi *bracket* seri-B.





**Gambar 9.4. Pendetailan sambungan seri-W.**

## 9.9 Prosedur desain

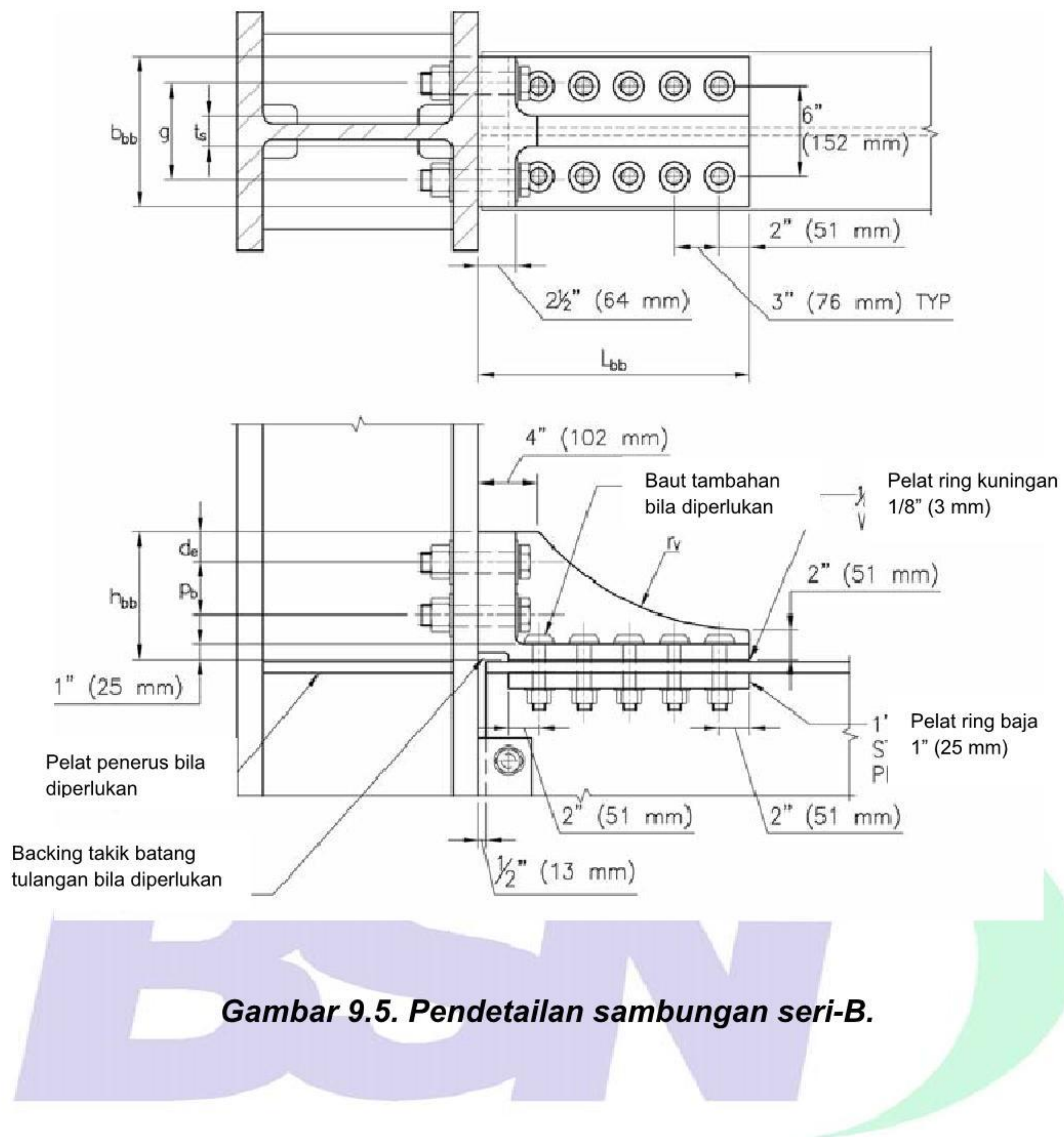
**Langkah 1.** Pilih elemen balok dan kolom yang memenuhi batas-batas Pasal 9.3.

**Langkah 2.** Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi,  $M_{pr}$ , pada lokasi sendi plastis menurut Pasal 2.4.3.

**Langkah 3.** Pilih sebuah *bracket* coba dari Tabel 9.1.

**Langkah 4.** Hitung gaya geser pada lokasi sendi balok di setiap ujung balok. Gaya geser lokasi sendi,  $V_h$ , harus ditentukan dari suatu diagram *free-body* bagian dari balok antara lokasi-lokasi sendi. Penghitungan ini harus mengasumsikan momen pada lokasi sendi adalah  $M_{pr}$  dan harus mencakup beban gravitasi bekerja pada balok didasarkan pada kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$ , kips (N) dimana  $f_1$  adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5.





**Gambar 9.5. Pendetailan sambungan seri-B.**



TABEL 9.1 Proporsi <i>Bracket</i> Berbaut Kaiser						
Penandaan <i>Bracket</i>	Panjang <i>Bracket</i> $L_{bb}$ in. (mm)	Tinggi <i>Bracket</i> $h_{bb}$ in. (mm)	Lebar <i>Bracket</i> $b_{bb}$ in. (mm)	Jumlah Baut Kolom $n_{cb}$	Gage Baut Kolom $g$ in. (mm)	Diameter Baut Kolom in. (mm)
W3.0	16 (406)	5 ½ (140)	9 (229)	2	5 ½ (140)	1 3/8 (35)
W3.1	16 (406)	5 ½ (140)	9 (229)	2	5 ½ (140)	1 ½ (38)
W2.0	16 (406)	8 ¾ (222)	9 ½ (241)	4	6 (152)	1 3/8 (35)
W2.1	18 (457)	8 ¾ (222)	9 ½ (241)	4	6 ½ (165)	1 ½ (38)
W1.0	25 ½ (648)	12 (305)	9 ½ (241)	6	6 ½ (165)	1 ½ (38)
B2.1	18 (457)	8 ¾ (222)	10 (254)	4	6 ½ (165)	1 ½ (38)
B1.0	25 ½ (648)	12 (305)	10 (254)	6	6 ½ (165)	1 ½ (38)

TABEL 9.2 Proporsi Desain <i>Bracket</i> Seri-W						
Penandaan <i>Bracket</i>	Jarak Tepi Baut Kolom, $d_e$ in. (mm)	Pitch Baut Kolom $p_b$ in. (mm)	Ketebalan Pengaku <i>Bracket</i> , $t_s$ in. (mm)	Radius Pengaku <i>Bracket</i> , $r_v$ in. (mm)	Radius Horizontal <i>Bracket</i> , $r_h$ in. (mm)	Ukuran Las Sudut Minimum, $w$ in. (mm)
W3.0	2 ½ (64)	n.a.	1 (25)	n.a.	28 (711)	½ (13)
W3.1	2 ½ (64)	n.a.	1 (25)	n.a.	28 (711)	5/8 (16)
W2.0	2 ¼ (57)	3 ½ (89)	2 (51)	12 (305)	28 (711)	¾ (19)
W2.1	2 ¼ (57)	3 ½ (89)	2 (51)	16 (406)	38 (965)	7/8 (22)
W1.0	2 (51)	3 ½ (89)	2 (51)	28 (711)	n.a.	7/8 (22)

TABEL 9.3 Proporsi Desain <i>Bracket</i> Seri-B						
Penandaan <i>Bracket</i>	Jarak Tepi Baut Kolom, $d_e$ in. (mm)	Pitch Baut Kolom $p_b$ in. (mm)	Ketebalan Pengaku <i>Bracket</i> , $t_s$ in. (mm)	Radius Pengaku <i>Bracket</i> , $r_v$ in. (mm)	Jumlah Baut Balok, $n_{bb}$	Diameter Baut Balok in. (mm)
B2.1	2 (51)	3 ½ (89)	2 (51)	16 (406)	8 atau 10	1 1/8 (29)
B1.1	2 (51)	3 ½ (89)	2 (51)	28 (711)	12	1 1/8 (29)

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  menurut SNI Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

**Langkah 5.** Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom:

$$M_f = M_{pr} + V_h S_h \quad (9.9-1)$$

keterangan

$M_f$  adalah Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm)

$S_h$  adalah jarak dari muka kolom ke sendi plastis, in. (mm)

adalah  $L_{bb}$  per Tabel 9.1, in. (mm)

$V_h$  adalah yang terbesar diantara dua nilai gaya geser pada lokasi sendi balok pada setiap ujung balok, kips (N)



Persamaan 9.9-1 mengabaikan beban gravitasi pada bagian balok antara sendi plastis dan muka kolom. Jika diinginkan, beban gravitasi pada bagian terkecil ini dari balok diizinkan dimasukkan.

**Langkah 6.** Hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk kekuatan tarik baut kolom *bracket*:

$$r_{ut} \leq \phi_n F_{nt} A_b \quad (9.9-2)$$

keterangan

$$r_{ut} = \frac{M_f}{d_{eff} n_{cb}} \quad (9.9-3)$$

$A_b$  adalah luas penampang-melintang nominal baut, in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$F_{nt}$  adalah kekuatan tarik nominal baut dari SNI *Spesifikasi*, ksi (MPa)

$d_{eff}$  adalah tinggi penampang balok efektif, dihitung sebagai jarak titik berat antara kelompok baut dalam *bracket* paling atas dan paling bawah, in. (mm)

$n_{cb}$  adalah jumlah baut kolom per Tabel 9.1

**Langkah 7.** Tentukan lebar sayap kolom minimum untuk mencegah keruntuhan tarik sayap:

$$b_{cf} \geq \frac{2[d_b + 1/8 \text{ in.}]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (9.9-4)$$

$$b_{cf} \geq \frac{2[d_b + 3 \text{ mm}]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (\text{S.I.}) \quad (9.9-4M)$$

keterangan

$b_{cf}$  adalah lebar sayap kolom, in. (mm)

$d_b$  adalah diameter baut sayap kolom, in. (mm)

$F_{yf}$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material sayap, ksi (MPa)

$F_{uf}$  adalah kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material sayap, ksi (MPa)

$R_y$  adalah rasio tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan untuk material sayap

$R_t$  adalah rasio kekuatan tarik ekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum yang disyaratkan untuk material sayap



**Langkah 8.** Periksa ketebalan sayap kolom minimum untuk mengeliminasi aksi ungkit:

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{4,44r_{ut}b'}{\phi_d p F_y}} \quad (9.9-5)$$

keterangan

$$b' \text{ adalah } 0,5 (g - k_1 - 0,5t_{cw} - d_b) \quad (9.9-6)$$

$g$  adalah gage baut kolom, in. (mm)

$k_1$  adalah jarak sumbu badan kolom ke ujung penebalan leher, in. (mm)

$p$  adalah panjang tributari tegak lurus tiap baut, in. (mm)

adalah 3,5 in. (89 mm) untuk W1.0/B1.0

adalah 5,0 in. (127 mm) untuk semua *bracket* lainnya

$t_{cf}$  adalah ketebalan sayap kolom minimum yang diperlukan untuk mengeliminasi aksi ungkit, in. (mm)

$t_{cw}$  adalah ketebalan badan kolom, in. (mm)

Jika ketebalan sayap kolom terpilih lebih kecil dari yang disyaratkan untuk mengeliminasi aksi ungkit, pilih kolom dengan ketebalan sayap yang memenuhi atau perhitungkan gaya ungkit baut menurut Persamaan 9.9-2 pada Bab 9 AISC *Steel Construction Manual*.

**Langkah 9.** Tebal sayap kolom harus memenuhi persyaratan berikut ini untuk mengeliminasi pelat penerus:

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{M_f}{\phi_d p F_{yf} d_{eff} Y_m}} \quad (9.9-7)$$

keterangan

$Y_m$  adalah parameter mekanisme garis leleh sayap kolom sederhana

adalah 5,9 untuk W3.0/W3.1

adalah 6,5 untuk W2.0/W2.1/B2.1

adalah 7,5 untuk W1.0/B1.0

$t_{cf}$  adalah tebal sayap kolom minimum yang diperlukan untuk mengeliminasi pelat penerus, in. (mm)

**Langkah 10.** Persyaratan pelat penerus

Untuk W14 dan kolom yang lebih kecil, pelat penerus tidak perlu ada jika Persamaan 9.9-7 terpenuhi. Untuk profil kolom yang lebih besar dari W14, pelat penerus harus disediakan.

**Langkah 11.** Jika *bracket* dilas ke sayap kolom diteruskan ke Langkah 14; jika tidak, tentukan lebar sayap balok minimum untuk mencegah keruntuhan tarik sayap balok:

$$b_{bf} \geq \frac{2[d_b + 1/32 \text{ in.}]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (9.9-8)$$



$$b_{bf} \geq \frac{2[d_b + 1 \text{ mm}]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (\text{S.I.}) \quad (9.9-8\text{M})$$

keterangan

$b_{bf}$  adalah lebar sayap balok, in. (mm)

$d_b$  adalah diameter baut sayap balok, in. (mm)

**Langkah 12.** Hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk kekuatan geser baut balok:

$$\frac{M_f}{\phi_n F_{nv} A_b d_{eff} n_{bb}} < 1,0 \quad (9.9-9)$$

keterangan

$F_{nv}$  adalah kekuatan geser nominal dari baut dari SNI *Spesifikasi*, ksi (MPa)

$n_{bb}$  adalah jumlah baut balok per Tabel 9.3

**Langkah 13.** Periksa sayap balok untuk blok geser dengan yang berikut:

$$\frac{M_f}{d_{eff}} \leq \phi_n R_n \quad (9.9-10)$$

di mana  $R_n$  adalah seperti didefinisikan dalam ketentuan blok geser Bab J SNI *Spesifikasi*.

**Langkah 14.** Jika *bracket* yang dibaut ke sayap balok dilanjutkan ke Langkah 15. Jika tidak, hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk pengikatan las sudut dari *bracket* ke sayap balok:

$$\frac{M_f}{\phi_n F_w d_{eff} \ell_w (0,707w)} < 1,0 \quad (9.9-11)$$

keterangan

$F_w$  adalah kekuatan desain las nominal per SNI *Spesifikasi*  
adalah  $0,60 F_{EXX}$

$F_{EXX}$  adalah kekuatan klasifikasi metal pengisi, ksi (MPa)

$L_{bb}$  adalah panjang *bracket* per Tabel 9.3, in. (mm)

$\ell$  adalah jarak overlap *bracket*, in. (mm)

adalah 0 in. (0 mm) jika  $b_{bf} \geq b_{bb}$

adalah 5 in. (125 mm) jika  $b_{bf} < b_{bb}$

$\ell_w$  adalah panjang las sudut yang tersedia, in. (mm)



$$\text{adalah } 2(L_{bb} - 2,5 \text{ in.} - \ell) \quad (9.9-12)$$

$$\text{adalah } 2(L_{bb} - 64 \text{ mm} - \ell) \quad (\text{S.I.}) \quad (9.9-12M)$$

$w$  adalah ukuran las sudut minimum per Tabel 9.2, in. (mm)

**Langkah 15.** Tentukan kekuatan geser yang diperlukan,  $V_u$ , dari sambungan balok dan badan balok-ke kolom dari:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (9.9-13)$$

keterangan

$L_h$  adalah jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)

$V_{gravitasi}$  adalah gaya geser balok yang dihasilkan dari  $1,2D + f_1L + 0,2S$  (dimana  $f_1$  adalah suatu faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  adalah menurut SNI Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0.7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0.2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Periksa kekuatan geser desain balok menurut Bab G SNI *Spesifikasi*.

**Langkah 16.** Desain sambungan badan balok-ke-kolom menurut Pasal 9.7.

**Langkah 17.** Periksa zona panel kolom menurut Pasal 9.4. Substitusikan tinggi penampang efektif,  $d_{eff}$ , dari balok dan *bracket* untuk tinggi penampang balok,  $d$ .

**Langkah 18.** (Tambahan) Jika kolom adalah suatu konfigurasi boks, tentukan ukuran pelat ring baja antara sayap kolom dan *bracket* seperti yang:

$$Z_x \geq \frac{M_f(b_{cf} - t_{cw} - g)}{4\phi_d F_y d_{eff}} \quad (9.9-14)$$

keterangan

$F_y$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari material ring, ksi (MPa)

$Z_x$  adalah modulus penampang plastis dari pelat ring, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$g$  adalah gage baut kolom, in. (mm)



## 10 Sambungan momen conxtech conxl

*Harap diperhatikan bahwa tipe sambungan ini dilindungi oleh hak paten. Standar ini tidak berhubungan dengan keabsahan klaim atau hak paten manapun yang berhubungan dengannya. Pemegang paten telah menyatakan kesediaan untuk memberikan lisensi dengan persyaratan dan ketentuan yang wajar dan tanpa diskriminasi kepada pengguna.*

### 10.1 Umum

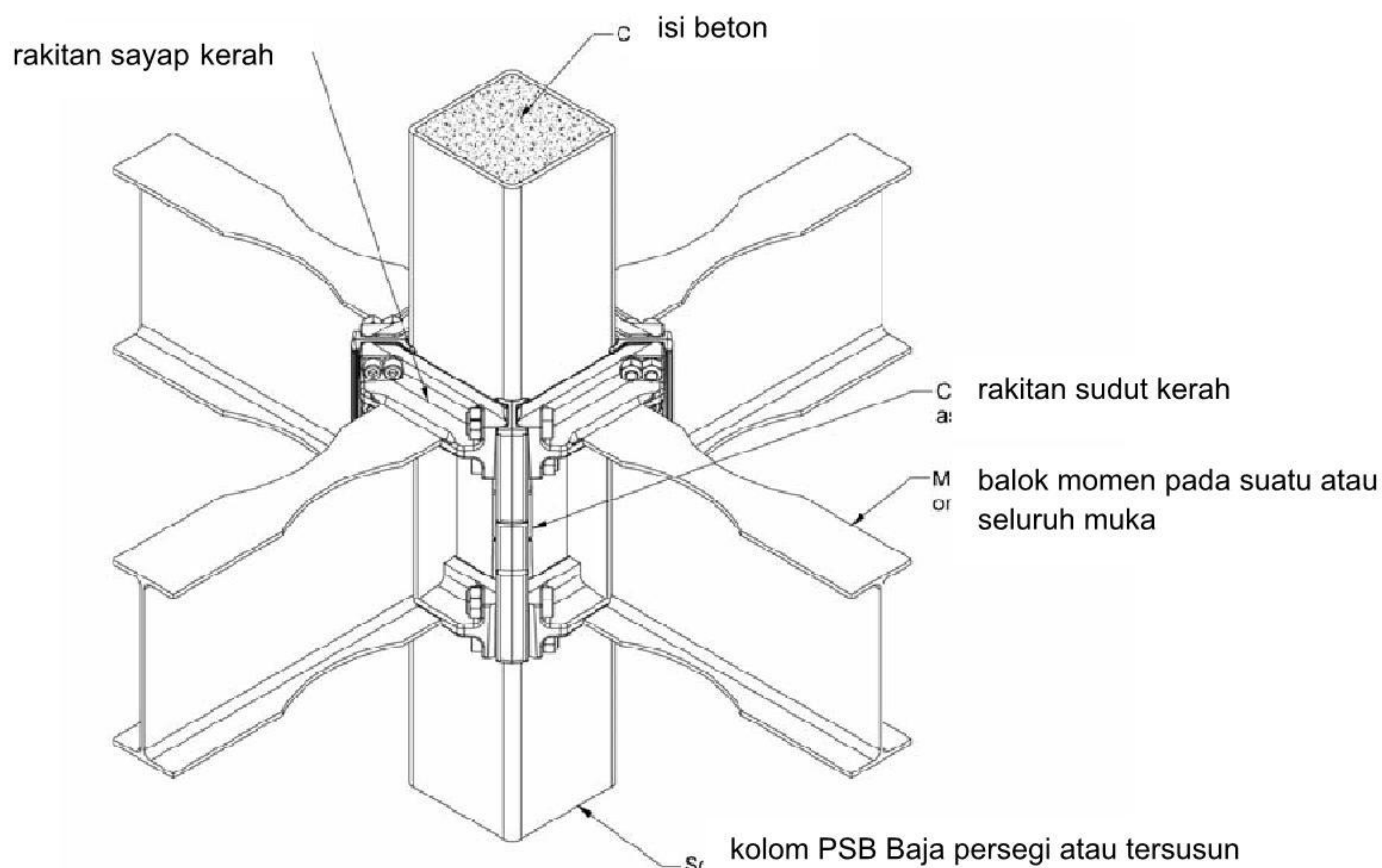
Sambungan momen ConXtech® ConXL™ memberikan sambungan berkekuatan-penuh, terkekang penuh dari balok WF pada PSB persegi 16 in. (406 mm) terisi-beton atau kolom boks tersusun yang menggunakan rakitan kerah berbaut berkekuatan-tinggi. Balok-balok dilas di bengkel ke rakitan sayap kerah dan dibaut di lapangan ke rakitan sudut kerah yang telah dilas di bengkel ke kolom. Balok-balok dapat berupa Penampang Balok Tereduksi (PBT) jika diperlukan untuk memenuhi kriteria kolom-kuat/balok-lemah. Sambungan ConXL dapat digunakan untuk sambungan momen ke kolom rangka ortogonal. Semua balok yang terhubung ke simpul ConXL (pertemuan balok dan kolom yang memikul momen) harus memiliki tinggi penampang nominal yang sama.

Gambar 10.1 memperlihatkan geometri sambungan dan komponen-komponen utama sambungan. Setiap rakitan kerah ConXL dibuat dari sudut-sudut kerah tertempa dan sayap kerah yang memenuhi persyaratan material Grade 50 (Grade 345) ASTM A572/A572M. Pada setiap titik kumpul ConXL di sana ada empat rakitan sudut kerah (Gambar 10.2), satu pada setiap sudut kolom tersusun persegi atau kolom PSB persegi. Setiap titik kumpul ConXL juga berisi empat rakitan sayap kerah (Gambar 10.3), satu untuk setiap muka kolom persegi. Setiap rakitan sayap kerah dapat berisi ujung sebuah balok momen yang dilas-bengkel ke rakitan sayap kerah. Kombinasi rakitan sudut kerah, rakitan sayap kerah, dan kolom persegi diisi-beton membentuk simpul ConXL.

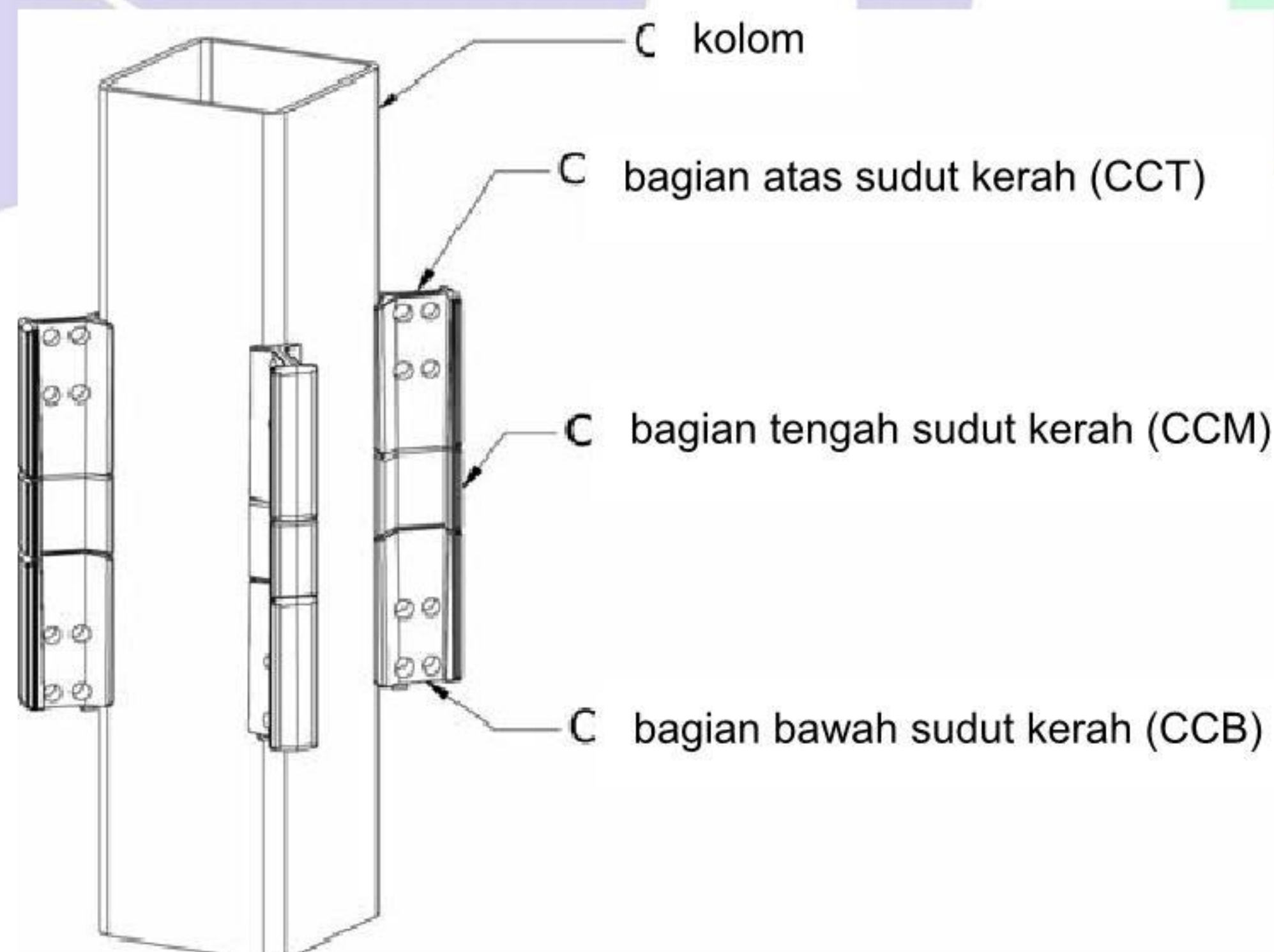
Gambar 10.2 memperlihatkan rakitan sudut kerah. Rakitan sudut kerah terdiri dari bagian atas sudut kerah/kerah corner top (CCT), bagian bawah sudut kerah/kerah corner bottom (CCB); dan untuk tinggi penampang balok yang lebih besar dari 18 in. (460 mm), bagian tengah sudut kerah/kerah corner middle (CCM).

\* Konektor dan struktur yang diperlihatkan termasuk dalam paten-paten sebagai berikut: U.S. Pat. Nos.: 7,941,985; 6,837,016; 7,051,917; 7,021,020; Australia Pat. Nos. 2001288615; 2004319371; Canada Pat. Nos. 2,458,706; 2,564,195; China Pat. Nos. ZL 01 8 23730.4; ZL 2004 8 0042862.5; Japan Pat. Nos. 4165648; 4427080; Mexico Pat. Nos. 262,499; 275284; Hong Kong Pat. No. 1102268. Penundaan perlindungan paten Amerika Serikat dan negara lainnya.





**Gambar 10.1. Sambungan momen ConXL terakit.**



**Gambar 10.2. Kolom dengan rakitan sudut kerah terpasang.**

CCT, CCB dan CCM adalah penetrasi *joint* sebagian- (PJS-) dilas bersama-sama untuk menciptakan perakitan sudut kerah; mereka kemudian melakukan las sudut ke sudut-sudut kolom persegi.

Gambar 10.3 memperlihatkan rakitan sayap kerah. Setiap rakitan sayap kerah yang terdiri dari bagian atas sayap kerah (CFT), bagian bawah sayap kerah (CFB) dan suatu Perpanjangan Badan Kerah (PBK/CWX).

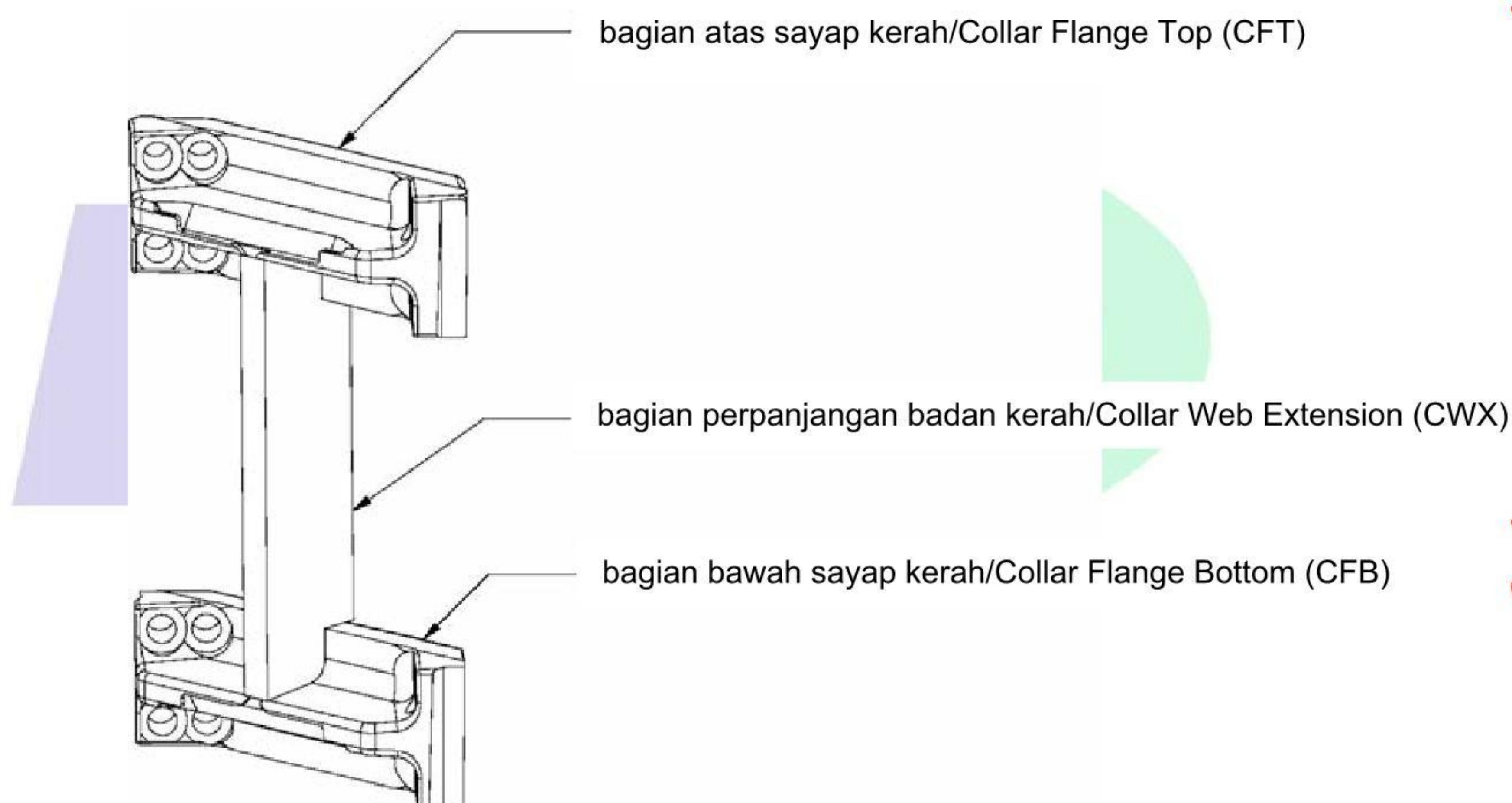


Jika suatu balok pada titik kumpul mensyaratkan suatu sambungan momen, CFT (atau CFB) diluruskan dengan dan dilas-bengkel ke sayap bagian atas (atau bagian bawah) balok.

Badan balok tersambung-momen juga dilas-bengkel ke PBK. Jika balok pada titik kumpul tidak memerlukan suatu sambungan momen, ukuran sisa PBK tidak berubah dan sambungan pelat geser adalah dilas-bengkel pada PBK untuk mengakomodasi balok nonmomen sehingga tidak perlu mencocokkan tinggi penampang nominal dari balok (balok-balok) tersambung-momen.

Jika balok tidak berada pada titik kumpul di muka kolom tertentu, CFT dan CFB diluruskan pada tinggi penampang nominal balok momen, dan PBK boleh dilampaui secara opsional.

Pasal 10.9 berisi gambar yang menunjukkan dimensi potongan individual. Kolom-kolom disampaikan ke tempat kerja dengan sudut kerah yang dirakit dilas-bengkel ke kolom pada lokasi yang merangka pada lantai yang tepat. Balok disampaikan ke tempat kerja dengan rakitan sayap kerah dilas-bengkel ke ujung-ujung balok. Selama arah rangka



**Gambar 10.3. Rakitan sayap kerah.**

Rakitan sayap kerah dengan atau tanpa balok-balok yang lebih direndahkan ke rakitan sudut kerah kolom. Bila seluruh empat muka kolom diisi dengan sayap-sayap kerah baut-baut kerah disisipkan dan dipratarikkan, dijepit dan ditekan secara efektif rakitan-rakitan sayap kerah dekat rakitan-rakitan sudut kerah dan kolom persegi.

Gaya-gaya lentur sayap balok dalam momen balok-balok disalurkan ke rakitan-rakitan sayap kerah melalui las tumpul *Penetrasi Penuh*. Sayap-sayap kerah menyalurkan gaya-gaya sayap balok tekan ke sudut-sudut kerah melalui lentur dari sayap kerah dan tumpuan langsung ke atas sudut-sudut kerah. Sayap kerah menyalurkan gaya-gaya tarik sayap balok dalam lentur ke baut-baut kerah pra-tarik. Baut-baut kerah menyalurkan gaya-gaya ini dalam tarik melalui sayap kerah ortogonal, yang mana kemudian menyalurkan gaya-gaya melalui baut-baut kerah bagian belakang yang dilampirkan ke sayap kerah pada muka yang berlawanan dari kolom. Gaya-gaya yang dikombinasikan ini yang kemudian disalurkan ke dinding-dinding kolom melalui suatu kombinasi dari tumpuan dan las-las sudut yang mengikat



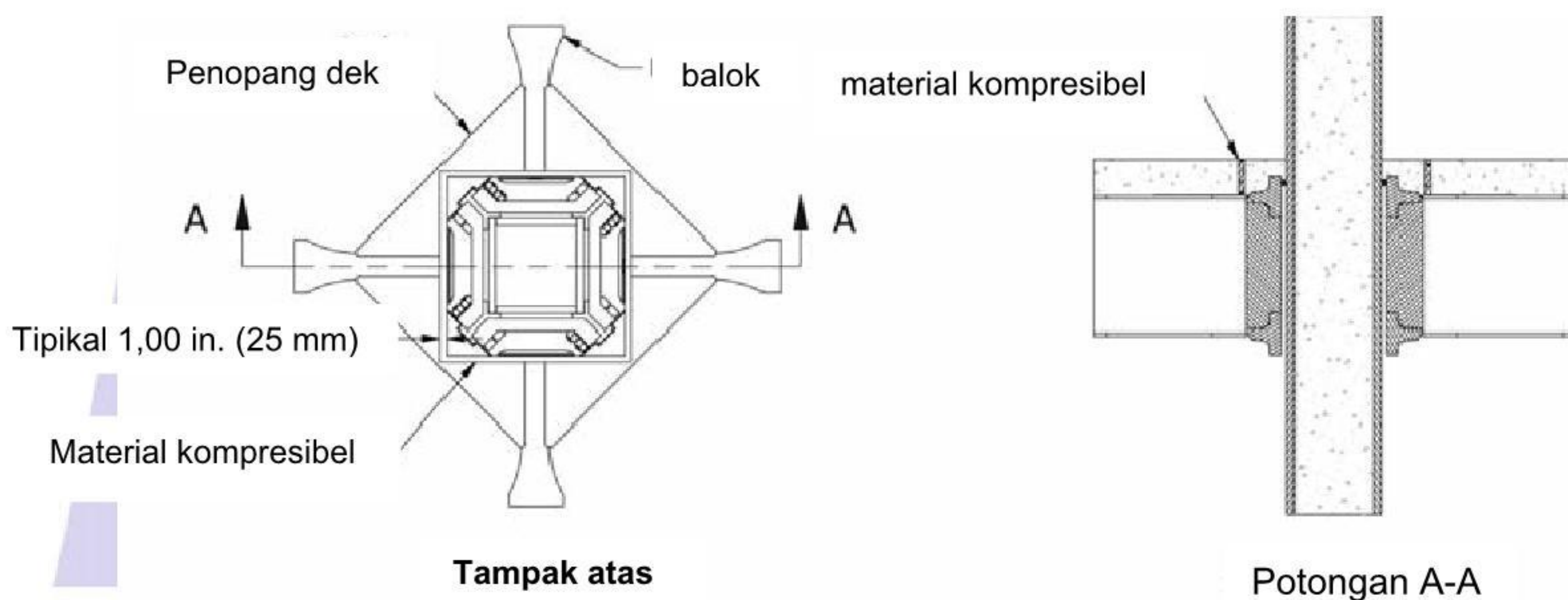
sudut-sudut kerah ke kolom. akhirnya, sebagian dari gaya-gaya ini disalurkan ke isi beton yang langsung kontak dengan dinding kolom.

Perilaku sambungan ini dikendalikan oleh pembentukan sendi plastis balok-balok yang berdekatan dengan rakitan kerah. Bila PBT digunakan, pelelehan dan formasi sendi plastis terjadi lebih dahulu di penampang balok tereduksi.

## 10.2 Sistem

Sambungan momen ConXL prakualifikasi yang digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM) dalam batas ketentuan-ketentuan ini. Sambungan momen ConXL prakualifikasi yang digunakan dalam rangka penahan-momen bidang atau dalam rangka penahan-momen yang berpotongan ortogonal.

Sistem RMK ConXL dengan pelat beton struktural hanya diprakualifikasi jika *joint* fleksibel vertikal sedikitnya tebal 1 in. (25 mm) ditempatkan pada pelat beton dekat rakitan kerah dan kolom sama dengan yang ditunjukkan dalam Gambar 10.4.



**Gambar 10.4. Penggunaan material kompresibel untuk mengisolasi pelat struktural dari sambungan.**

## 10.3 Batas prakualifikasi

### 10.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan berikut:

- (1) Balok berupa komponen struktur WF gelas atau profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai profil berikut ini atau profil tersusun yang ekuivalen: W30, W27, W24, W21 and W18.
- (3) Tebal sayap balok maksimum 1 in. (25 mm).
- (4) Lebar sayap balok maksimum 12 in. (300 mm).



- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok dibatasi sebagai berikut:
  - (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
  - (b) Untuk sistem RMM, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Nilai  $b_f$  digunakan untuk menentukan rasio lebar-terhadap-tebal dari balok dengan sistem PBT tidak boleh kurang dari lebar sayap pada pusat dua pertiga dari penampang tereduksi yang tersedia yang beban-beban gravitasinya tidak menggeser lokasi sendi plastis dalam jarak yang signifikan dari pusat penampang balok tereduksi.
- (7) Breising lateral balok harus memenuhi *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

**Pengecualian:** Untuk sistem RMK dan RMM, di mana balok menumpu pelat beton struktural yang tersambung antar zona terlindung dengan konektor-konektor geser terlas berjarak maksimum 12 in. (300 mm) antar pusat, tambahan breising pada sayap bagian atas dan bawah di daerah sendi plastis tidak diperlukan.

- (8) Untuk sambungan PBT, zona terlindung terdiri dari bagian rakitan sambungan dan balok antar muka kolom dan ujung terjauh dari penampang balok tereduksi. Untuk balok tanpa penampang balok tereduksi, zona terlindung terdiri dari bagian rakitan sambungan dan balok menjorok dari muka kolom ke suatu jarak  $d$  dari muka terluar sayap kerah.

### 10.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan berikut:

- (1) Kolom berupa penampang PSB 16 in. (406 mm) persegi atau penampang boks tersusun 16 in. (406 mm) persegi yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Tidak ada batasan pada berat kolom per satuan panjang.
- (3) Tebal dinding kolom tidak boleh kurang dari 3/8 in. (10 mm). Tebal dinding kolom untuk kolom PSB tidak boleh kurang dari nominal 3/8 in. (10 mm).
- (4) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk kolom harus memenuhi batas-batas yang berlaku untuk kolom komposit terisi beton dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (5) Breising lateral kolom harus memenuhi batas-batas yang berlaku dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.
- (6) Kolom harus terisi penuh dengan beton struktural dengan berat satuan tidak kurang dari 110 pounds per cubic foot (17 kN/m<sup>3</sup>). Beton harus memiliki kekuatan tekan 28-hari tidak kurang dari 3,000 psi (21 MPa).



### 10.3.3 Pembatasan Kerah

Penempatan kerah harus memenuhi pembatasan berikut:

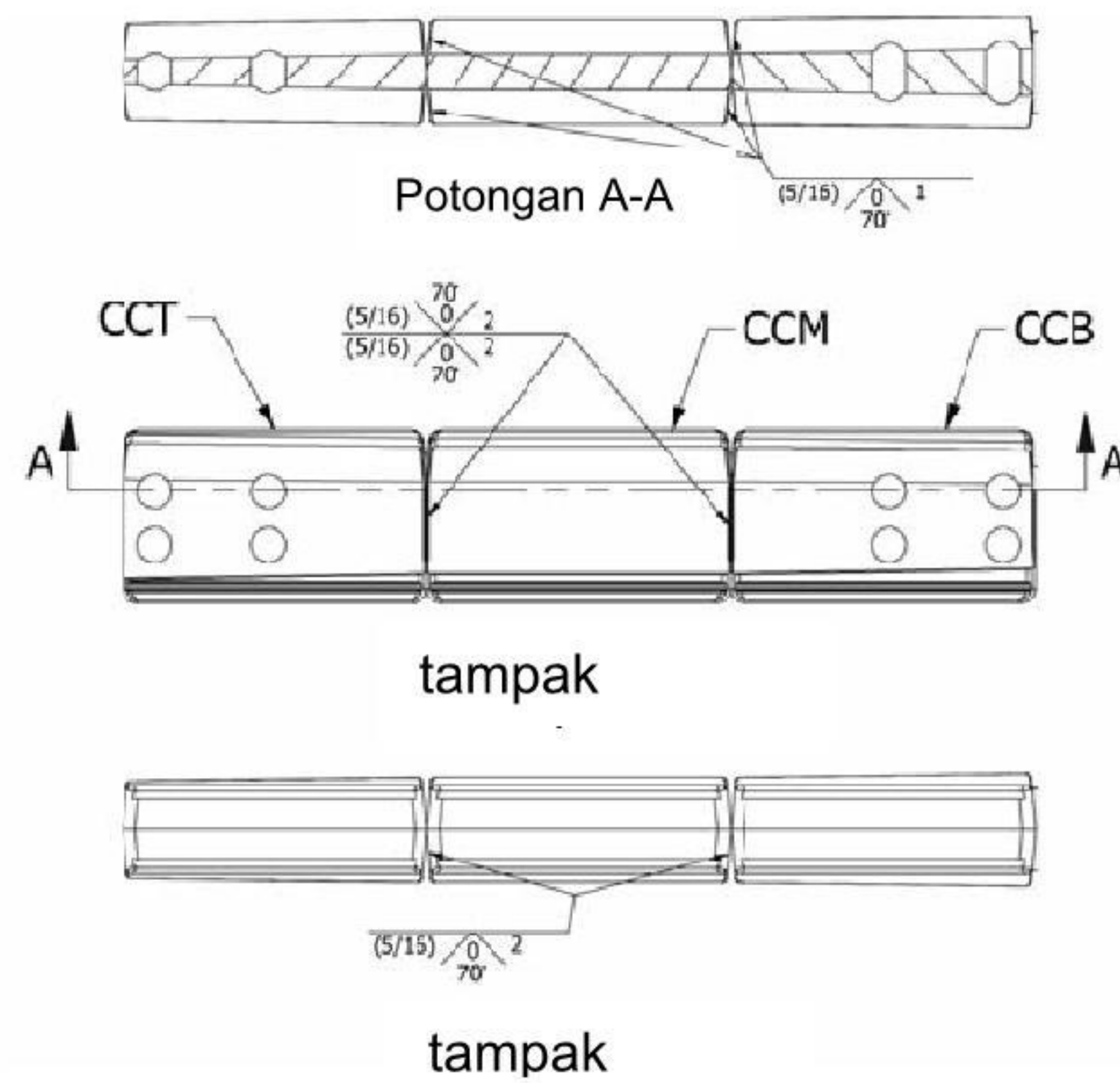
- (1) Penempatan kerah harus memenuhi persyaratan Lampiran B, Persyaratan Penempatan.
- (2) Konfigurasi dan proporsi kerah harus memenuhi Pasal 10.9, Gambar Komponen ConXL.
- (3) Lubang-lubang baut sayap kerah harus 1/8 in. (3 mm) lebih besar dari diameter baut nominal. Lubang-lubang baut harus dibor.
- (4) Lubang-lubang baut sudut kerah harus 1/8 in. (3 mm) lebih besar dari diameter baut nominal. Lubang-lubang baut harus dibor.
- (5) Ketebalan material, jarak ke tepi, jarak ke ujung dan dimensi keseluruhan harus memiliki toleransi  $\pm 1/16$  in. (2 mm).
- (6) Permukaan yang melekat harus dikerjakan oleh mesin dan memenuhi persyaratan untuk permukaan slip kritis Kelas A.

### 10.4 Pembatasan sambungan kerah

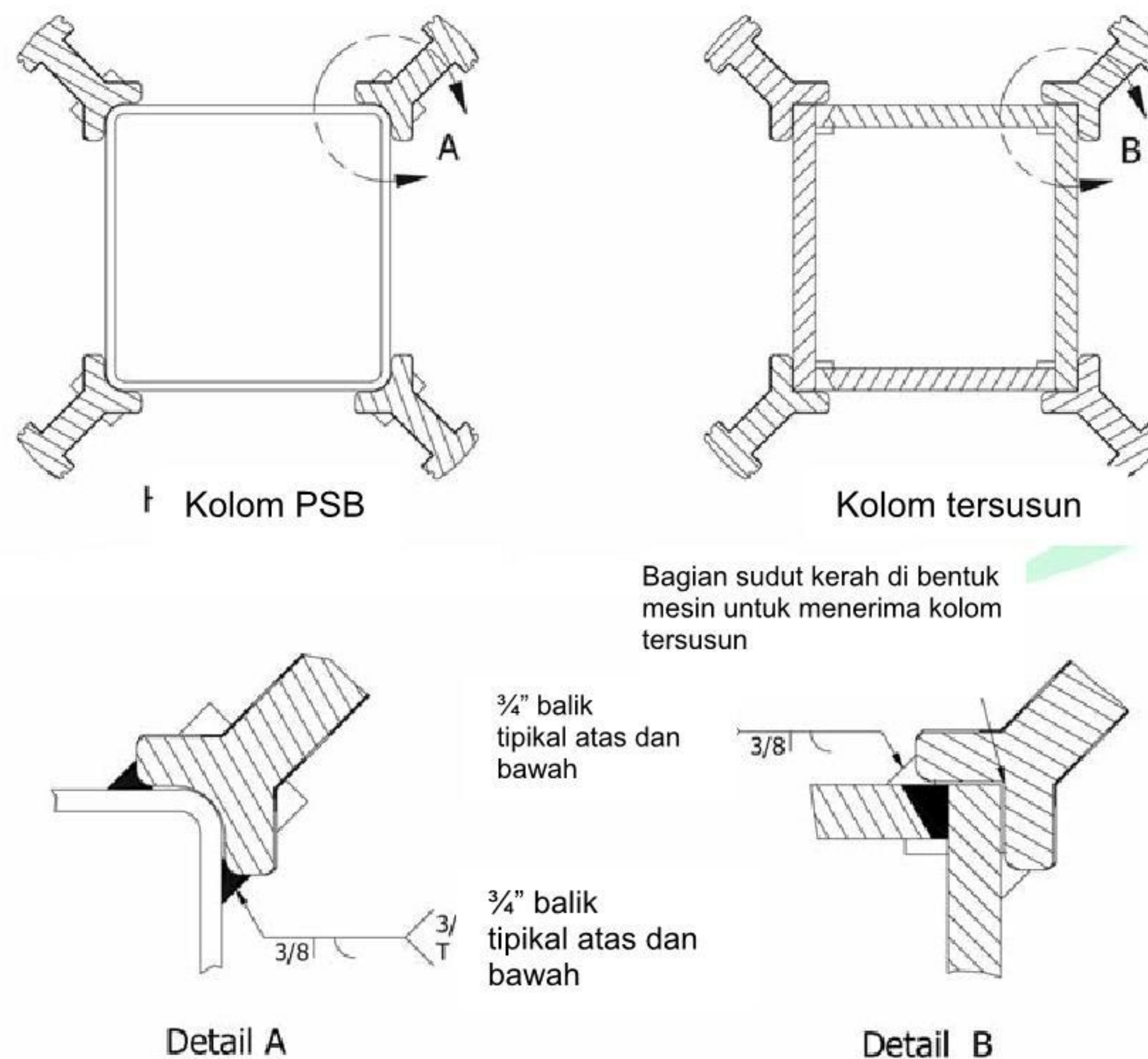
Sambungan kerah harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Baut-baut kerah harus baut kekuatan-tinggi diameter 1¼ -in.- (31,8-mm-) berpratarik memenuhi ASTM A574 dengan ulir-ulir di luar bidang geser dan memenuhi persyaratan Pasal 4.2 dan 4.3.
- (2) Baut-baut kerah harus dipratarik memenuhi persyaratan baut ASTM A490 dalam RCSC *Specification*.
- (3) Pengelasan bagian CCT, CCM dan CCB membentuk rakitan sudut kerah harus terdiri dari las-las tumpul penetrasi sebagian per Gambar 10.5
- (4) Pengelasan rakitan sudut kerah ke kolom harus berupa las-las tumpul *flare bevel* dengan perkuatan las sudut 3/8 in. (10 mm) seperti pada Gambar 10.6
- (5) Sayap-sayap kerah harus dilas ke potongan CWX dengan las sudut 5/16 in. (8 mm), setiap sisi seperti pada Gambar 10.7





**Gambar 10.5. Pengelasan rakitan sudut kerah.**



**Gambar 10.6. Rakitan-sudut-kerah-ke-las kolom, lihat rencana.**

- (6) Balok harus dilas ke rakitan sayap kerah dengan las-las tumpul Penetrasi Penuh per Gambar 10.8

### 10.5 Pembatasan sambungan badan balok-ke-kerah

Sambungan badan-balok-ke-kerah harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Kekuatan geser perlu dari sambungan badan balok harus ditentukan memenuhi Pasal 10.8.

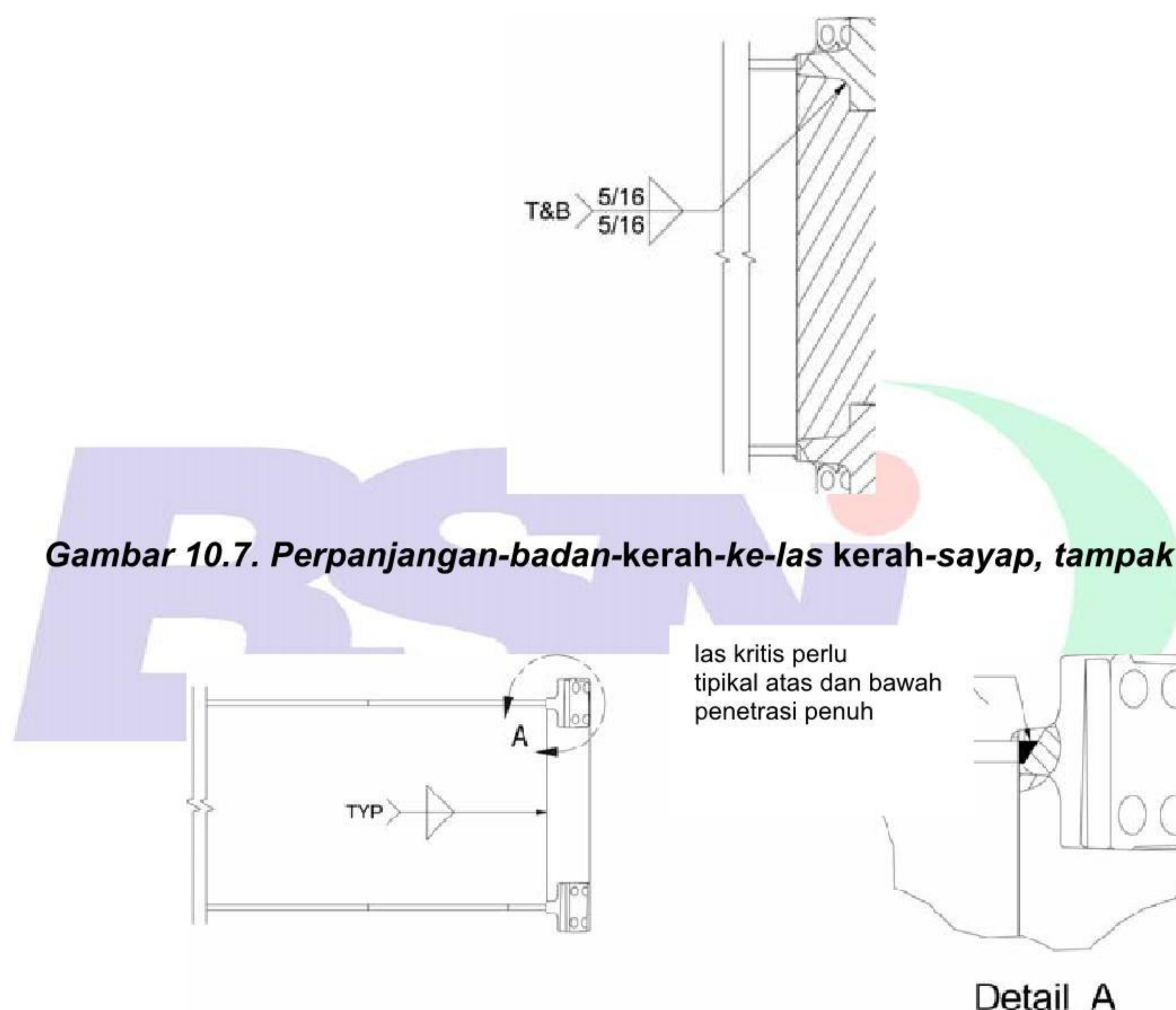


- (2) Badan balok dilas ke Perpanjangan Badan Keraf (PBK) / Collar Web Extension (CWX) dengan las sudut pada kedua-sisinya. Las sudut harus diukur untuk mengembangkan kekuatan geser perlu dari sambungan.

### 10.6 Pembatasan pengelasan sayap balok-ke-sayap kerah

Pengelasan balok ke sayap kerah harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Lubang-lubang akses las tidak diizinkan. Akses pengelasan ke sayap bagian atas dan sayap bagian bawah harus disediakan dengan merotasi balok untuk memungkinkan las tumpul penetrasi penuh dalam posisi datar (Posisi 1G per AWS D1.1).



**Gambar 10.7. Perpanjangan-badan-kerah-ke-las kerah-sayap, tampak samping.**

**Gambar 10.8. Rakitan-las sayap-kerah-ke-balok, tampak samping.**

- (2) Las sayap-balok-ke-sayap-kerah harus dibuat dengan las tumpul penetrasi penuh dalam area persiapan las dari sayap kerah. Penguatan las sudut 5/16-in. (8 mm) harus ditempatkan pada sisi belakang las tumpul penetrasi penuh. Las sayap penetrasi penuh harus memenuhi persyaratan untuk las-las kritis perlu dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan AWS D1.8 dan pada persyaratan AWS D1.1.

### 10.7 Pembatasan hubungan kolom-balok

Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan yang berlaku dalam *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.



(2) Rasio momen kolom-balok harus dibatasi sebagai berikut:

- (a) Untuk sistem RMK, rasio momen kolom-balok di setiap sumbu utama harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* yang mempertimbangkan penyaluran simultan momen-momen plastis ekspektasi dalam balok-balok tersambung-momen yang merangka ke semua sisi-sisi titik kumpul ConXL.
- (b) Untuk sistem RMM, rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

## 10.8 Prosedur desain

**Langkah 1.** Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis,  $M_{pr}$ , menurut Pasal 2.4.3.

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_y Z_e \quad (2.4.3-1)$$

keterangan

$$C_{pr} \text{ adalah } \frac{F_y + F_u}{2F_y} \leq 1,2 \text{ (untuk balok PBT)} \quad (2.4.3-2)$$

$C_{pr}$  adalah 1,1 (untuk balok non-PBT)

$R_y$  adalah rasio tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan,  $F_y$ , seperti disyaratkan *SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*

$F_y$  adalah tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari elemen pelelehan, ksi (MPa)

$F_u$  adalah kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari elemen pelelehan, ksi (MPa)

$Z_e$  adalah modulus penampang plastis efektif dari penampang pada lokasi sendi plastis, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

Untuk balok-balok dengan pemotongan PBT, sendi plastis harus diasumsikan terjadi pada pusat penampang tereduksi sayap balok. Untuk balok-balok tanpa pemotongan PBT, sendi plastis harus diasumsikan terjadi pada suatu jarak  $d/2$  dari muka terluar kerah (lihat Gambar 10.9) di mana  $d$  adalah tinggi penampang balok.

**Langkah 2.** Hitung gaya geser,  $V_h$ , pada lokasi sendi plastis pada setiap ujung balok.

Gaya geser pada setiap lokasi sendi plastis harus ditentukan dari suatu diagram *free body* dari bagian balok antara lokasi sendi plastis. Perhitungan ini harus mengasumsikan bahwa momen pada pusat sendi plastis adalah  $M_{pr}$  dan harus memperhitungkan beban gravitasi bekerja pada balok-balok antara sendi-sendi plastis menurut persamaan:

$$V_h = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (10.8-1)$$



keterangan

$L_h$  adalah jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)

$V_{gravitas}$  adalah gaya geser balok yang dihasilkan dari  $1,2D + f_1L + 0,2S$  (dimana  $f_1$  adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban-beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

**Catatan:** Kombinasi beban  $1,2D + f_1L + 0,2S$  memenuhi ASCE 7. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Bila beban terpusat berada pada balok antara titik-titik persendian plastis mereka harus dipertimbangkan menggunakan perhitungan standar statis bila penghitungan geser balok dan menggunakan kombinasi beban yang sama.

**Langkah 3.** Konfirmasikan bahwa kolom adalah cukup untuk memenuhi kondisi kolom kuat-balok lemah biaksial. Untuk tujuan pemenuhan persyaratan ini, maka harus diizinkan mengambil kekuatan leleh material kolom seperti disyaratkan  $F_y$  dan mempertimbangkan perilaku komposit penuh dari kolom untuk beban aksial dan aksi lentur.

**Catatan:** Nilai yang disyaratkan  $F_y$  tidak perlu nilai minimum yang dihubungkan dengan kelas baja jika spesifikasi proyek mensyaratkan kekuatan leleh minimum yang lebih tinggi.

Nilai  $\Sigma M_{pb}^*$  terhadap masing-masing sumbu harus diambil sama dengan  $\Sigma(M_{pr} + M_v)$ , di mana  $M_{pr}$  dihitung menurut Persamaan 2.4.3-1, dan di mana  $M_v$  adalah momen tambahan akibat geser balok yang bekerja pada jarak dari titik sendi plastis yang diasumsikan ke sumbu kolom.  $M_v$  pada setiap sisi kolom dapat dihitung sebesar  $V_h s_h$ , di mana  $V_h$  adalah geser pada titik sendi plastis teoritis, dihitung menurut Persamaan 10.8-1 dan  $s_h$  adalah jarak dari titik sendi plastis yang diasumsikan ke sumbu kolom.

Untuk balok dengan potongan Penampang Balok Tereduksi (PBT), jarak  $s_h$  harus diambil sebagai jarak dari pusat kolom ke pusat penampang tereduksi sayap balok. Untuk balok tanpa potongan PBT, jarak  $s_h$  harus diambil sebagai jarak dari pusat kolom ke titik setengah tinggi penampang balok ( $d/2$ ) dari muka terluar kerah (lihat Gambar 10.9).

Nilai  $\Sigma M_{pc}^*$  di setiap sumbu harus diambil sebagai:

$$\Sigma M_{pc}^* = M_{pcu}^* + M_{pcl}^* + \frac{\Sigma M_{pb}^*}{(H_u + H_\ell)} d \quad (10.8-2)$$

keterangan

$M_{pcu}^*$  adalah kekuatan nominal momen plastis dari kolom di atas simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial dan beban di sumbu transversal yang bekerja secara bersamaan, kip-in. (N-mm)

$M_{pcl}^*$  adalah kekuatan nominal momen plastis dari kolom di bawah simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial dan beban di sumbu transversal yang bekerja secara bersamaan, kip-in. (N-mm)



$H_u$  adalah tinggi tingkat di atas simpul, in. (mm)

$H_\ell$  adalah tinggi tingkat di bawah simpul, in. (mm)

Untuk profil dengan properti yang sama pada kedua sumbu, diizinkan mengambil  $M_{pcu}^*$  dan  $M_{pcl}^*$  sebagai:

$$\sum M_{pcu}^* = M_{pcl}^* = 0,67 Z_c F_y \left( 1 - \frac{P_u}{A_s F_y + 0,85 A_c f'_c} \right) \quad (10.8-3)$$

keterangan

$A_c$  adalah luas beton dalam kolom, in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$A_s$  adalah luas baja dalam kolom, in.<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

$f'_c$  adalah kekuatan tekan yang disyaratkan dari isi beton, ksi (MPa)

$P_u$  adalah beban aksial yang bekerja pada kolom di penampang yang ditinjau menurut kombinasi pembebanan yang sesuai yang disyaratkan oleh peraturan bangunan gedung, tetapi tanpa memperhitungkan beban seismik teramplifikasi, kips (N)

$Z_c$  adalah modulus penampang plastis kolom di salah satu sumbu, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

**Langkah 4.** Hitung momen pada baut-baut kerah untuk setiap balok:

$$M_{baut} = M_{pr} + V_h s_{baut} \quad (10.8-4)$$

keterangan

$M_{baut}$  adalah momen pada baut kerah, kip-in. (N-mm)

$s_{baut}$  adalah jarak dari pusat sendi plastis ke titik berat baut kerah, in. (mm) seperti diberikan oleh persamaan:

$$s_{baut} = \frac{t_{collar}}{2} + a + \frac{b}{2} \quad (\text{untuk balok PBT}) \quad (10.8-5)$$

$$s_{baut} = \frac{t_{collar}}{2} + \frac{d}{2} \quad (\text{untuk balok non-PBT}) \quad (10.8-6)$$

keterangan

$a$  adalah jarak dari muka terluar kerah ke potongan PBT, in. (mm)

$b$  adalah panjang potongan PBT, in. (mm)

$t_{kerah}$  adalah jarak dari muka kolom ke muka terluar kerah, diambil sebagai 7 1/8 in. (181 mm) seperti di ilustrasikan dalam Gambar 10.9



**Langkah 5.** Periksa sehingga gaya sayap balok tidak melebihi kekuatan tarik tersedia baut pada sambungan sayap. Hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk kekuatan tarik baut kerah:

$$\frac{r_{ut}}{\phi_d R_{pt}} = \frac{r_{ut}}{102} \leq 1,0 \quad (10.8-7)$$

$$\frac{r_{ut}}{\phi_d R_{pt}} = \frac{r_{ut}}{454\,000} \leq 1,0 \quad (\text{S.I.}) \quad (10.8-7M)$$

keterangan

$r_{ut}$  adalah kekuatan tarik baut kerah yang diperlukan, kips (N)

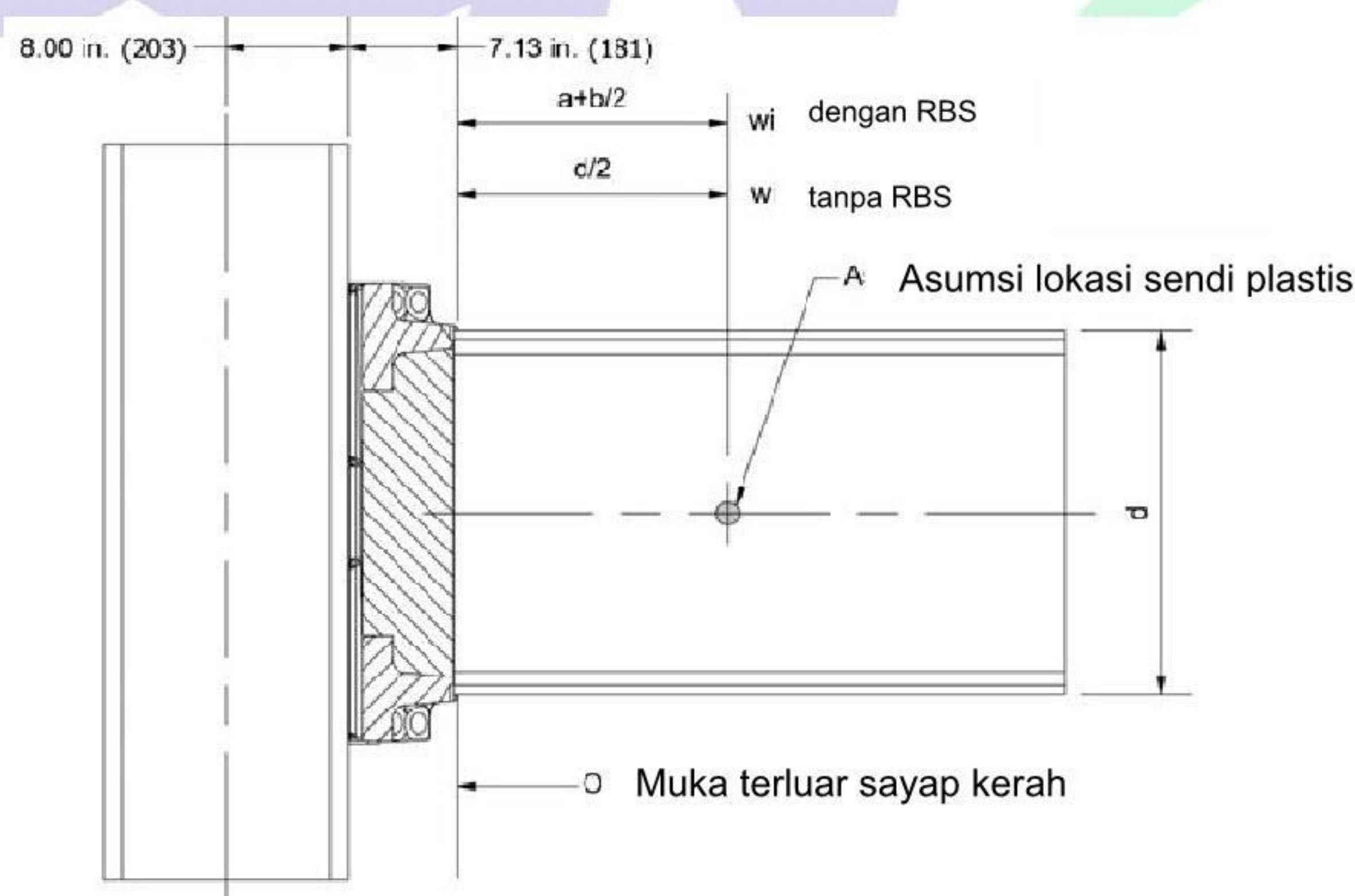
$$\text{adalah } \frac{M_{baut}}{n_{cf} d \sin 45^\circ} = 0,177 \frac{M_{baut}}{d} \quad (10.8-8)$$

$n_{cf}$  adalah jumlah baut kerah setiap sayap kerah

adalah 8

$R_{pt}$  adalah pratarik baut minimum, kips (N)

**Langkah 6:** Hitung  $V_{baut}$ , geser maksimum yang mungkin terjadi pada baut kerah, sama dengan geser pada sendi plastis,  $V_h$ , ditambah tambahan beban gravitasi antara sendi plastis dan pusat sayap kerah, dengan menggunakan kombinasi beban Langkah 2. Pastikan bahwa  $V_{baut}$  kurang dari kritis slip, ketahanan slip tersedia baut Kelas A memenuhi SNI Spesifikasi dan gunakan faktor ketahanan,  $\phi$ , sama dengan satu.



**Gambar 10.9. Asumsi lokasi sendi plastis.**

**Catatan:** Perhatikan bahwa untuk baut ASTM A574 1¼ in. (31,8 mm) nilai  $T_b$  adalah sama dengan untuk baut ASTM A490 1¼ in. (31,8 mm) dan memiliki suatu nilai 102 kips (454 kN).

**Langkah 7:** Hitung  $V_{cf}$ , kemungkinan geser maksimum pada muka sayap kerah, sama dengan geser pada sendi plastis,  $V_h$ , ditambah tambahan beban gravitasi antara sendi plastis dan muka terluar sayap kerah menggunakan kombinasi beban Langkah 2.



Periksa kekuatan geser desain balok memenuhi persyaratan AISC *Specification* berlawanan dengan  $V_{cf}$ .

**Langkah 8:** Tentukan ukuran las sudut perlu yang menyambungkan badan balok ke Perpanjangan Badan Kera (Collar Web Extension/CWX) menggunakan hubungan yang berikut:

$$t_f^{CWX} \geq \frac{\sqrt{2}V_{cf}}{\phi_n F_w \ell_w^{CWX}} \leq 1,0 \quad (10.8-9)$$

keterangan

- $t_f^{CWX}$  adalah ukuran las sudut yang diperlukan untuk menghubungkan setiap sisi badan balok ke PBK / CWX, in. (mm)
- $F_w$  adalah kekuatan desain las nominal per SNI *Spesifikasi* 0,60 $F_{EXX}$ , ksi (MPa)
- $\ell_w^{CWX}$  adalah panjang total las sudut yang tersedia pada PBK / CWX, in. (mm), diambil sebagai 54 in. (1370 mm) untuk profil W30 (W760); 48 in. (1220 mm) untuk profil W27 (W690); 42 in. (1070 mm) untuk profil W24 (W610); 36 in. (914 mm) untuk profil W21 (W530); dan 30 in. (762 mm) untuk profil W18 (W460)

**Langkah 9:** Hitung  $V_f$ , kemungkinan geser maksimum pada muka kolom, sama dengan geser pada sendi plastis,  $V_h$ , ditambah tambahan beban gravitasi antara sendi plastis dan muka kolom dengan menggunakan kombinasi beban Langkah 2.

Menentukan ukuran las sudut yang menyambungkan rakitan sudut kerah ke kolom menggunakan hubungan yang berikut:

$$t_f^{CC} \geq \frac{\sqrt{2}V_f}{\phi_n F_w \ell_w^{CC}} \quad (10.8-10)$$

keterangan

- $t_f^{CC}$  adalah ukuran las sudut yang diperlukan untuk menghubungkan rakitan sudut kerah ke kolom, in. (mm)
- $\ell_w^{CC}$  adalah panjang total dari las sudut yang tersedia pada rakitan sudut kerah, in. (mm), diambil sebagai 72 in. (1 830 mm) untuk profil W30 (W760); 66 in. (1 680 mm) untuk profil W27 (W690), 60 in. (1 520 mm) untuk profil W24 (W610); 54 in. (1 370 mm) untuk profil W21 (W530), dan 48 in. (1 220 mm) untuk profil W18 (W460)

**Langkah 10:** Tentukan kekuatan geser yang diperlukan dari zona panel kolom,  $R_u^{pz}$ , menggunakan hubungan yang berikut:

$$R_u^{pz} = \frac{\sum (M_{pr} + V_h s_f)}{d} - V_{col} \quad (10.8-11)$$



keterangan

$V_{col}$  adalah geser kolom, kips (N)

$$\text{adalah } \frac{\sum (M_{pr} + V_h s_h)}{H} \quad (10.8-12)$$

$R_u^{pz}$  adalah kekuatan geser zona panel yang diperlukan, kips (N)

$s_f$  adalah jarak dari pusat sendi plastis ke muka kolom, in. (mm)

$$\text{adalah } t_{collar} + a + \frac{b}{2} \text{ (balok PBT)} \quad (10.8-13)$$

$$\text{adalah } t_{collar} + \frac{d}{2} \text{ (balok non-PBT)} \quad (10.8-14)$$

$s_h$  adalah jarak dari pusat sendi plastis ke pusat kolom, in. (mm), diberikan oleh persamaan:

$$\text{adalah } \frac{d_{col}}{2} + t_{collar} + a + \frac{b}{2} \text{ (balok PBT)} \quad (10.8-15)$$

$$\text{adalah } \frac{d_{col}}{2} + t_{collar} + \frac{d}{2} \text{ (balok non-PBT)} \quad (10.8-16)$$

$$H \text{ adalah } \frac{H_u + H_\ell}{2} \quad (10.8-17)$$

$d_{col}$  adalah tinggi penampang kolom, in. (mm)

**Langkah 11:** Tentukan kekuatan geser zona panel desain nominal,  $\phi R_n^{pz}$ , menggunakan hubungan yang berikut:

$$\phi R_n^{pz} = \phi_d 0,6 F_y A_{pz} \quad (10.8-18)$$

keterangan

$$A_{pz} \text{ adalah } 2d_{col} t_{col} + 4(d_{leg}^{CC} t_{leg}^{CC}) \quad (10.8-19)$$

$d_{leg}^{CC}$  adalah tinggi penampang efektif dari kaki rakitan sudut kerah, diambil sebagai  $3\frac{1}{2}$  in. (89 mm)

$t_{col}$  adalah tebal dinding PSB atau kolom boks tersusun, in. (mm)

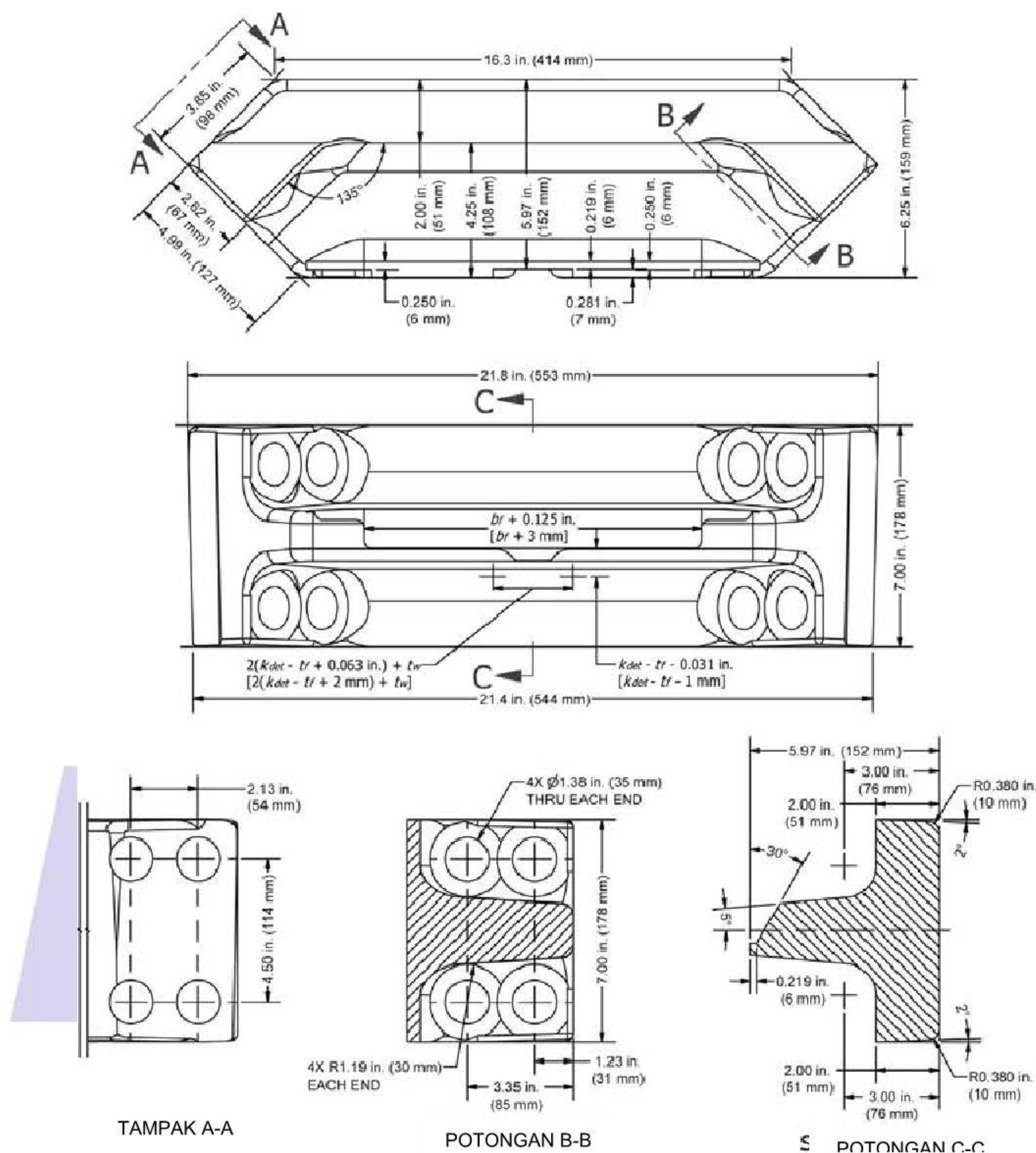
$t_{leg}^{CC}$  adalah tebal efektif dari kaki rakitan sudut kerah, diambil sebagai  $1\frac{1}{2}$  in. (12 mm)

**Catatan:** Jika kekuatan perlu melebihi kekuatan tersedia desainer boleh menambah profil kolom dan/atau mengurangi kekuatan penampang balok meyakinkan bahwa semua kriteria desain lainnya dipenuhi.

## 10.9 Bagian penggambaran

Gambar 10.10 sampai 10.15 memberi petunjuk dimensi dari berbagai komponen sambungan momen ConXtech ConXL.

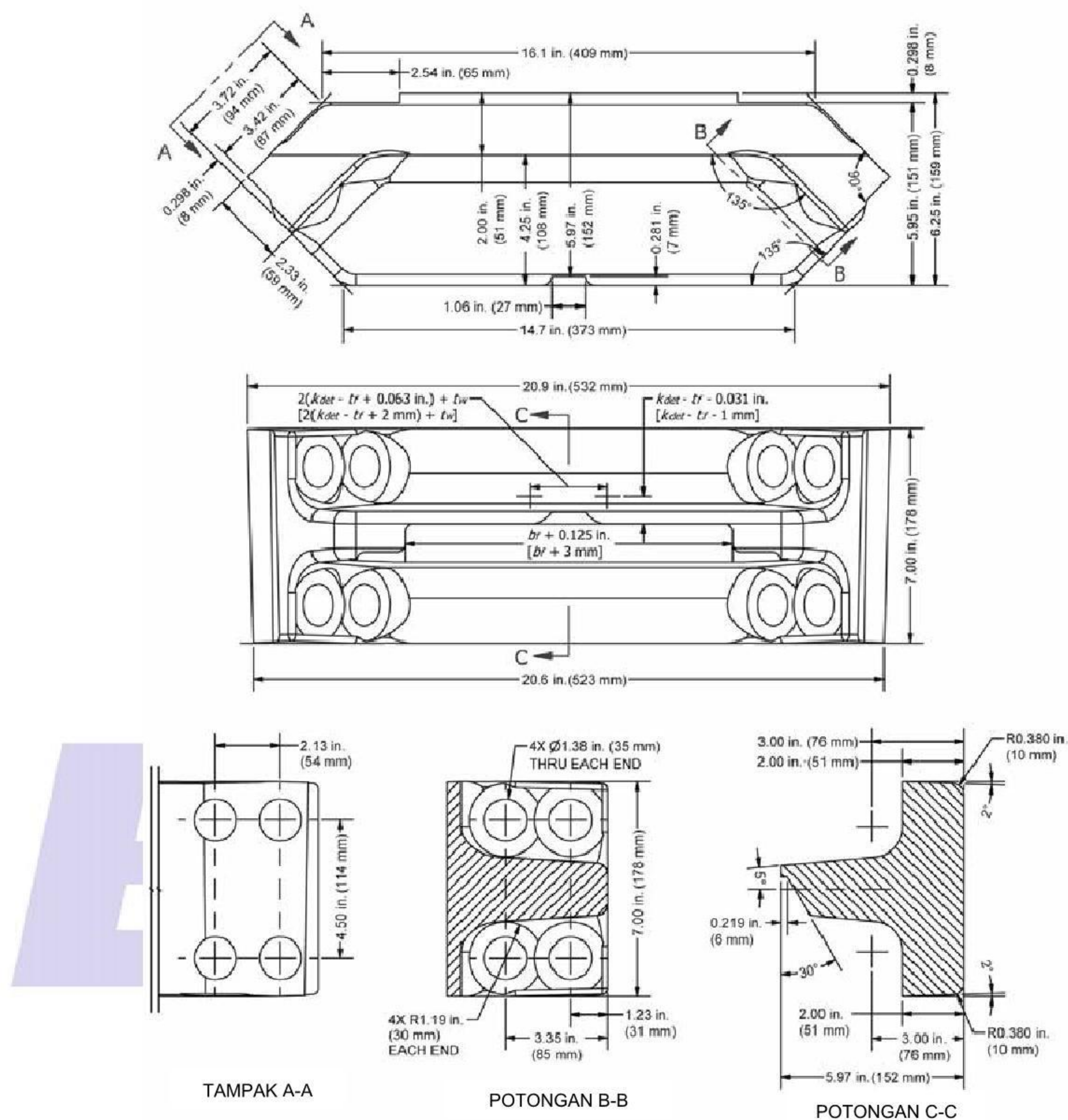




CATATAN		
Item	Deskripsi	Nilai toleransi
$b_f$	Lebar sayap balok	TB
$t_f$	Tebal sayap balok	TB
$t_w$	Tebal badan balok	TB
$k_{...}$	Atas baja untuk gage yang bisa diterapkan	TB
Toleransi penempaan		+/- 0,3%

Gambar 10.10. Bagian atas sayap Kerah (CFT).

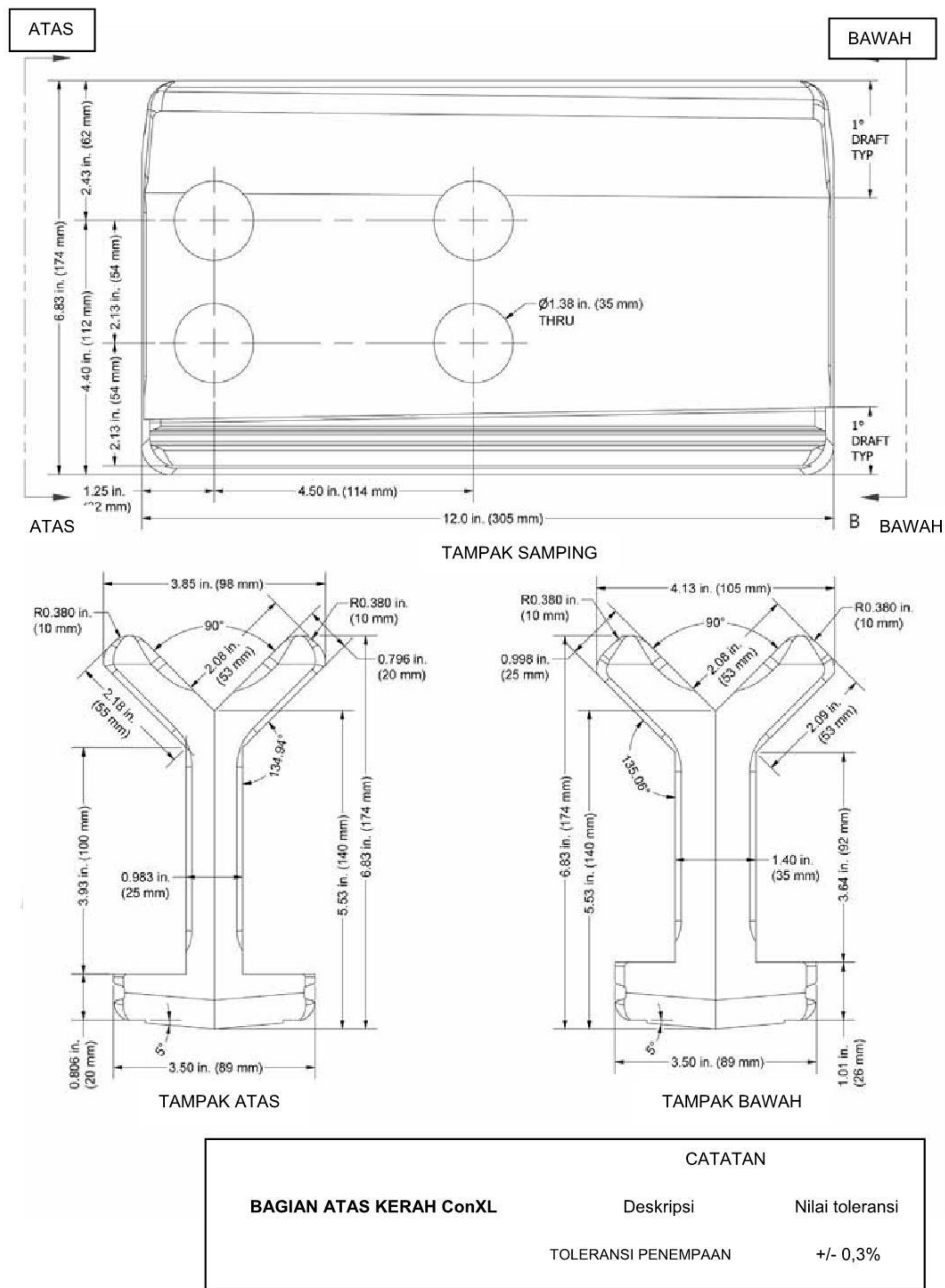




CATATAN		
Item	Deskripsi	Nilai toleransi
$b_f$	Lebar sayap balok	TB
$t_f$	Tebal sayap balok	TB

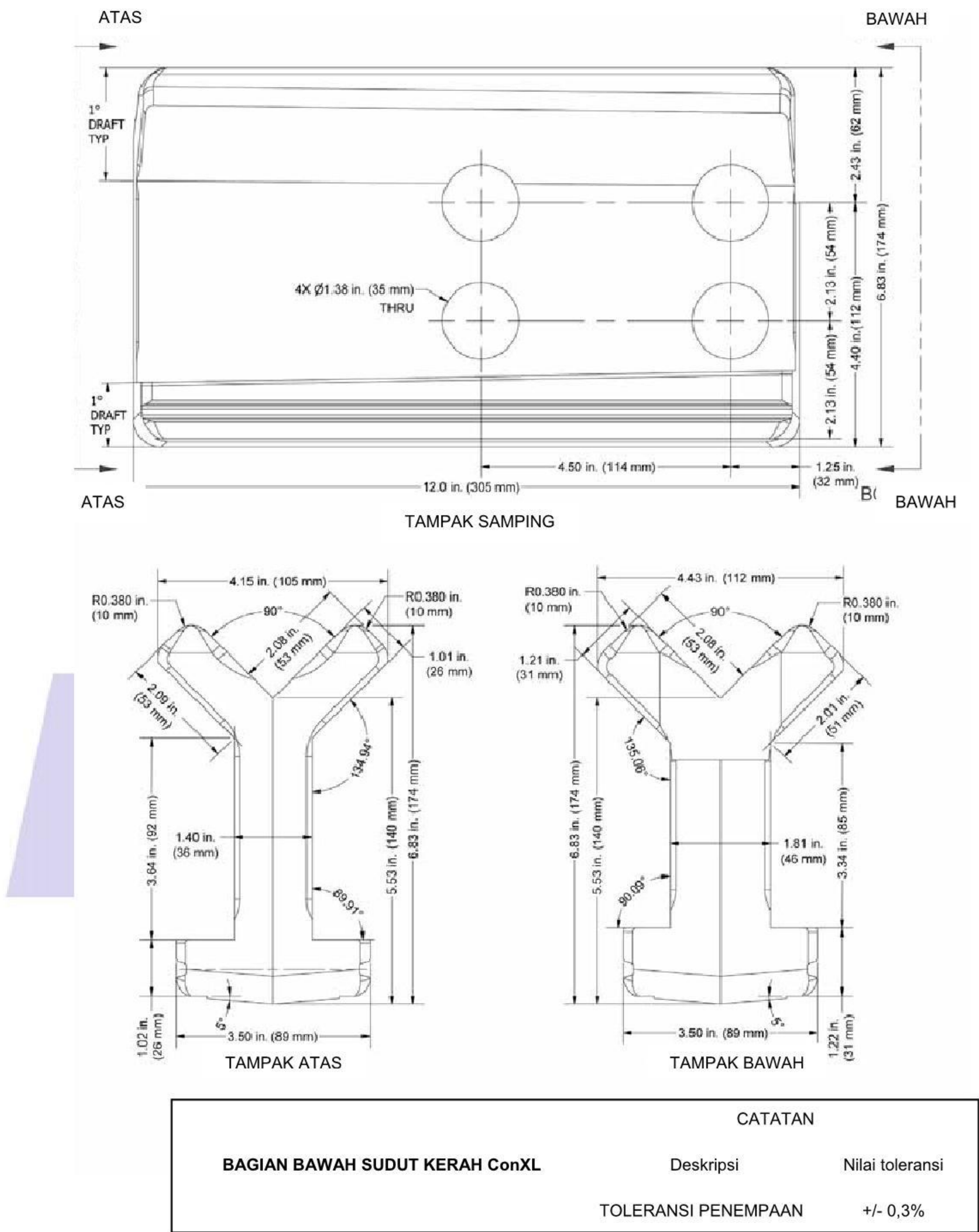
Gambar 10.11. Bagian bawah sayap kerah / Collar Flange Bottom (CFB).





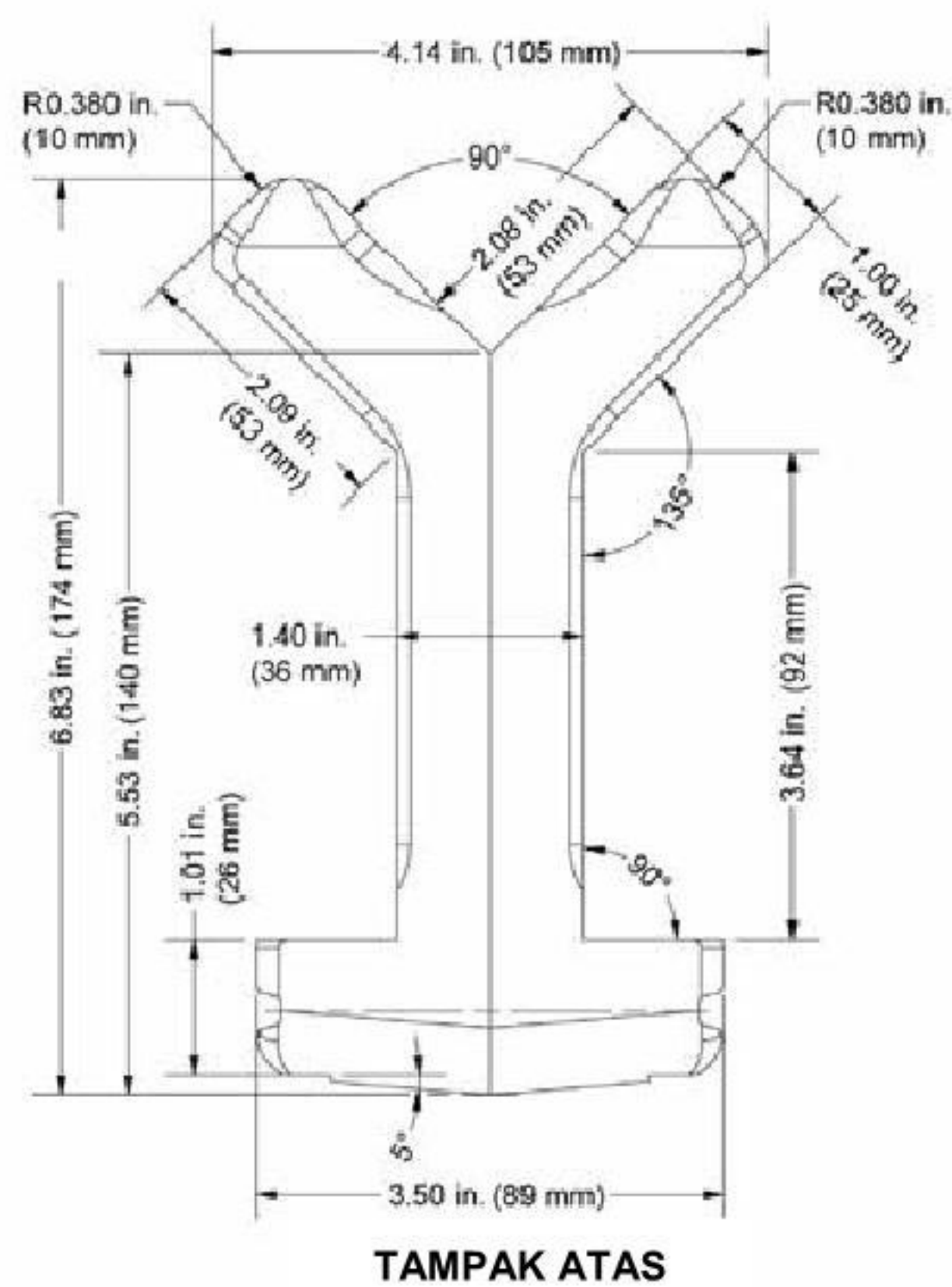
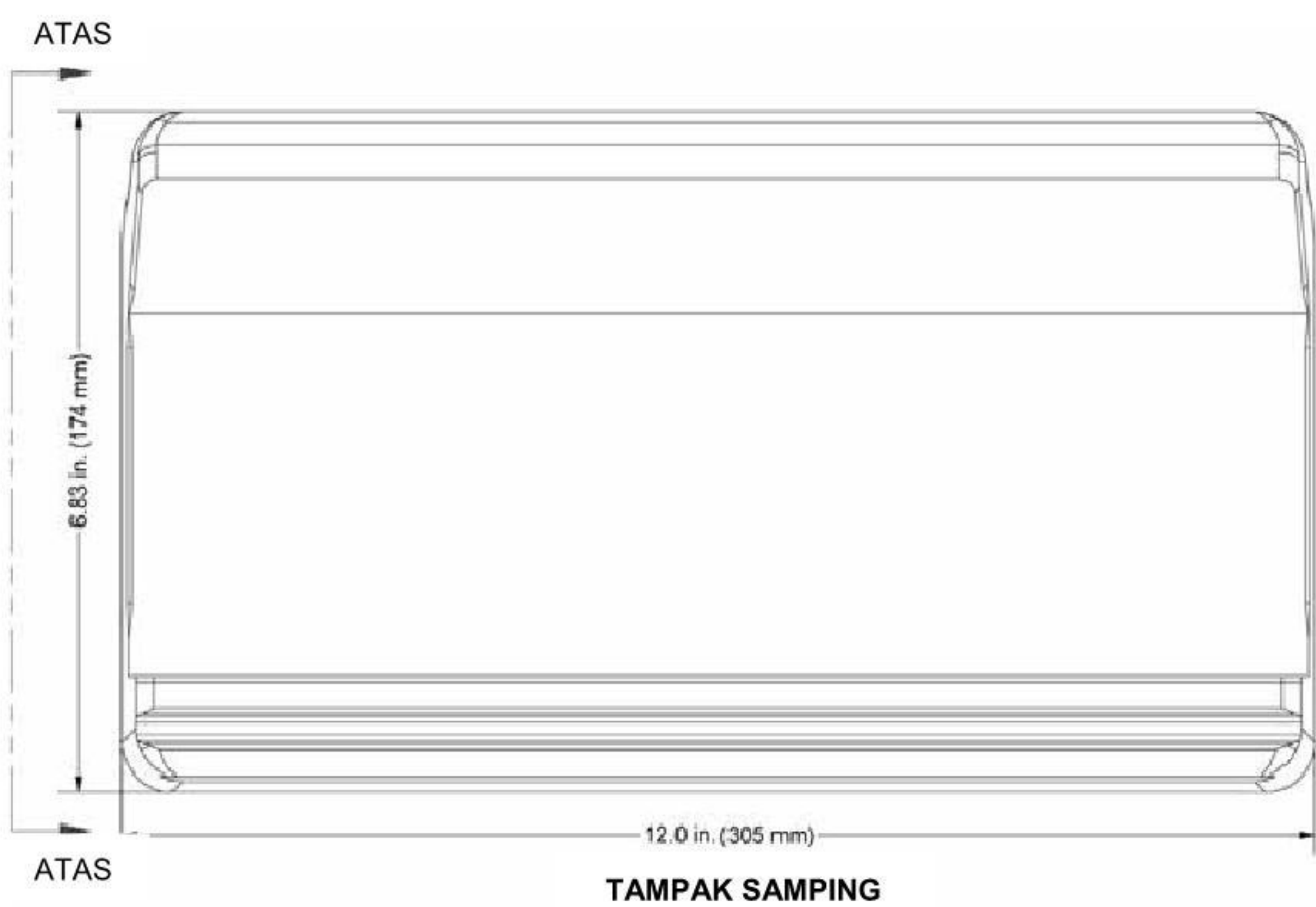
Gambar 10.12. Bagian atas sudut kerah / Collar Corner Top (CCT).





Gambar 10.13. Bagian bawah sudut kerah / Collar Corner Bottom (CCB).

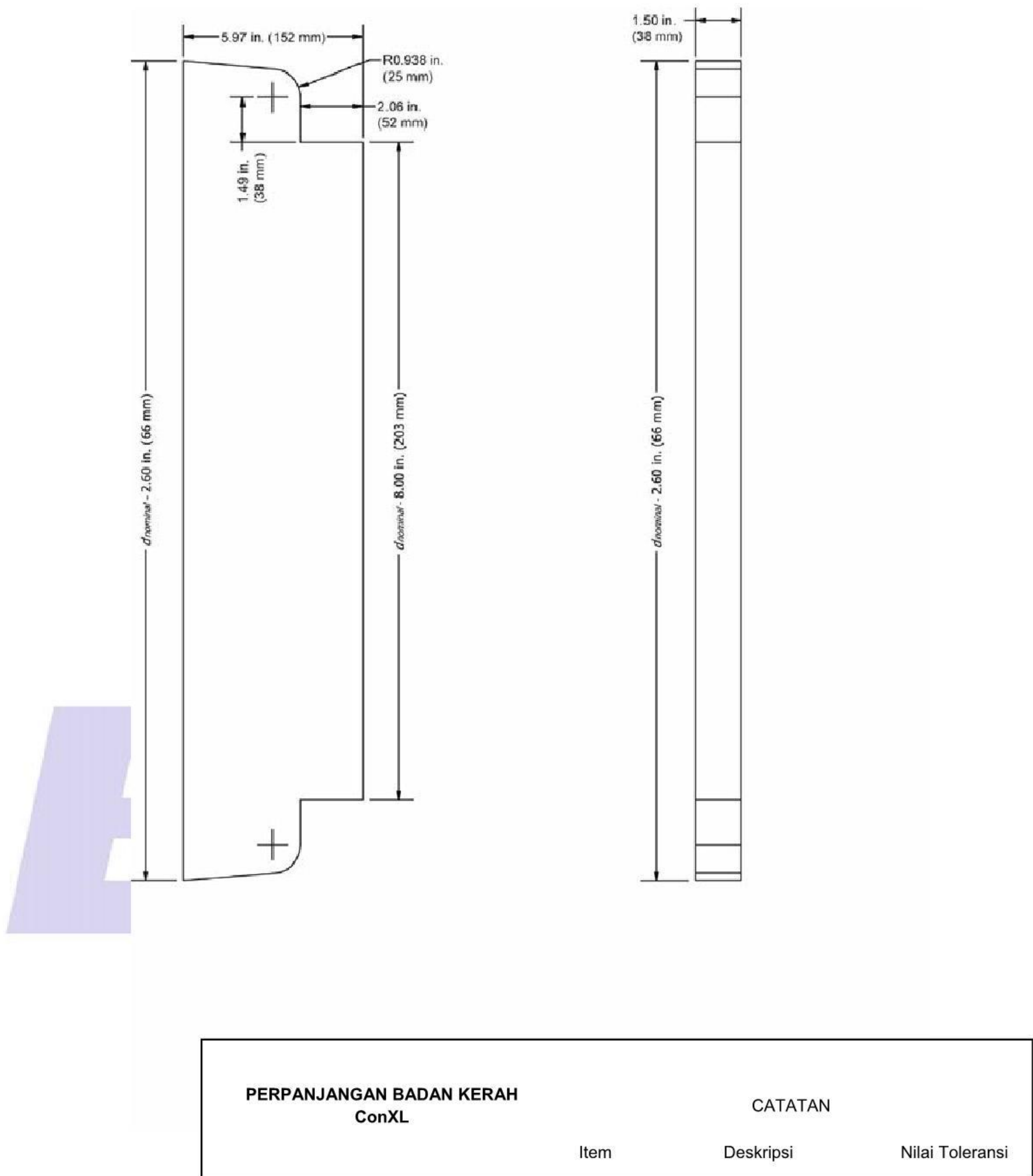




CATATAN		
BAGIAN TENGAH SUDUT KERAH ConXL	Deskripsi	Nilai Toleransi
	TOLERANSI PENEMPAAN	+/- 0.3%

Gambar 10.14. Bagian tengah sudut kerah/Collar Corner Middle (CCM).





Gambar 10.15. Perpanjangan Badan Kerah (*Collar Web Extension/CWX*).



## **A Persyaratan penuangan**

### **A1 Kelas baja tuang**

Kelas baja tuang harus memenuhi ASTM A958/A958M Grade SC8620 kelas 80/50.

### **A2 Pengendalian mutu**

#### **A2.1 Personel Pemeriksa dan Personel Pengujian Nondestruktif**

Pemeriksaan visual dan pengujian nondestruktif harus dilakukan oleh pabrik sesuai dengan yang tertera pada tata cara pemeriksaan kualifikasi. Prosedur dan kualifikasi inspektor adalah tanggung jawab pabrik. Kualifikasi inspektor harus menurut ASNT-TC-1a atau standar ekuivalen. Yang tertera dalam tata cara pemeriksaan harus mencakup ketentuan-ketentuan yang secara khusus dimaksudkan untuk mengevaluasi cacat yang ditemukan dalam produk baja tuang. Kualifikasi harus dibuktikan dengan kebiasaan kriteria pemeriksaan dan kriteria penerimaan yang digunakan dalam evaluasi produk baja tuang.

#### **A.2.2 Pemeriksaan Artikel Pertama (PAP) Penuangan**

Artikel pertama didefinisikan sebagai penuangan produksi pertama yang terbuat dari pola yang terpasang secara tetap. PAP harus dilakukan pada penuangan pertama yang dihasilkan dari setiap pola. Dimensi penuangan artikel pertama harus diukur dan dicatat. PAP meliputi pemeriksaan visual sesuai Pasal A2.3, pengujian nondestruktif sesuai Pasal A2.4, pengujian tarik sesuai Pasal A2.6, dan pengujian takik-Charpy V sesuai Pasal A2.7.

#### **A.2.3 Pemeriksaan Visual Penuangan**

Pemeriksaan visual dari semua permukaan penuangan harus dilakukan untuk memastikan kesesuaian dengan ASTM A802/A802M dan MSS SP-55 dengan penerimaan permukaan Level I.

#### **A.2.4 Pengujian Nondestruktif (PND) Penuangan**

##### **A.2.4a Prosedur**

Pengujian radiografi (PR) harus dilakukan oleh penjaminan kualitas (PK) sesuai dengan prosedur yang dijelaskan dalam ASTM E446 dan ASTM E186 dengan suatu penerimaan Level III atau lebih baik.

Pengujian ultrasonik (PU) harus dilakukan dengan PK sesuai dengan prosedur yang dijelaskan oleh Prosedur A ASTM A609/A609M dengan penerimaan Level 3, atau lebih baik.

Pengujian partikel magnetik (PPM) harus dilakukan oleh QA sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh ASTM E709 dengan Level penerimaan V, atau lebih baik, memenuhi ASTM A903/A903M.



#### **A.2.4b PND yang Diperlukan**

##### **(1) Artikel Pertama**

Pengujian radiografi dan MT harus dilakukan pada penuangan artikel pertama.

##### **(2) Penuangan Produksi**

UT harus dilakukan pada 100% dari penuangan.

MT harus dilakukan pada 50% dari penuangan.

##### **(3) Reduksi Persentase UT**

Laju UT diizinkan untuk dikurangi jika disetujui oleh insinyur profesional bersertifikat dan pihak yang berwenang. Laju UT dapat dikurangi sampai 25%, asalkan jumlah penuangan yang tidak memenuhi Pasal A2.4a ditunjuk menjadi 5% atau kurang. Pengambilan contoh dari sedikitnya 40 penuangan harus dibuat untuk evaluasi pengurangan. Pengurangan ini tidak diizinkan untuk penuangan dengan perbaikan las.

##### **(4) Reduksi Persentase MT**

Laju MT diizinkan direduksi jika disetujui insinyur profesional bersertifikat dan pejabat yang berwenang. Laju MT boleh direduksi sampai 10%, diberi nomor penuangan yang tidak memenuhi Pasal A2.4a yang dibuktikan sebesar 5% atau kurang. Pengambilan contoh penuangan paling sedikit 20 harus dibuat untuk pengevaluasian reduksi. Pengreduksian tidak diizinkan untuk penuangan dengan perbaikan las.

#### **A.2.5 Prosedur Perbaikan Las**

Penuangan dengan diskontinu yang melampaui persyaratan Pasal A2.4a harus diperbaiki dengan las. Perbaikan las dari penuangan harus dilakukan menurut ASTM A488/A488M. Metode pengujian yang sama yang discovered diskontinu harus diulangi pada penuangan yang diperbaiki untuk memastikan penghilangan/removal semua diskontinu yang melampaui persyaratan Pasal A2.4a.

#### **A.2.6 Persyaratan Tarik**

Pengujian tarik harus dilakukan untuk setiap heat menurut ASTM A370 dan ASTM 781/A781M.

#### **A.2.7 Persyaratan Takik-Charpy V (TCV)**

Pengujian TCV harus dilakukan menurut ASTM A370 and ASTM 781/A781M. Tiga spesimen yang ditakik harus diuji dengan heat pertama, dan dengan setiap ke 20 ton (18,100 kg) berikutnya dari material jadi. Spesimen harus memiliki kekerasan TCV minimum 20 ft-lb (27 J) at 70 °F (21 °C).

#### **A.2.8 Identifikasi Penuangan**

Penuangan harus secara jelas ditandai dengan nomor pola dan nomor seri yang unik untuk setiap penuangan individual yang memberikan ketertelusuran terhadap panas dan catatan produksi.



### **A3 Dokumen produsen**

#### **A.3.1 Penyerahan kepada Pemegang Paten**

Dokumen yang berikut harus disampaikan kepada pemegang paten, sebelum memulai produksi sebagaimana berlaku:

- (1) Laporan komposisi kimia material
- (2) Laporan pemeriksaan artikel pertama

#### **A.3.2 Penyerahan kepada Insinyur Profesional Bersertifikat dan Pihak Yang Berwenang**

Dokumen yang berikut harus disampaikan kepada insinyur profesional bersertifikat dan pihak yang berwenang, sebelumnya, atau dengan pengiriman sebagaimana berlaku:

- (1) Laporan pemeriksaan produksi dan laporan PND
- (2) Laporan uji tarik dan laporan uji CVN
- (3) Laporan perbaikan las
- (4) Surat persetujuan oleh pemegang paten dari laporan pabrikan FAI





**B. Persyaratan penempaan****B1. Kelas baja yang ditempa**

Material baku harus memenuhi persyaratan ASTM A572/A572M, Gr. 50 (345). Proses penempaan harus memenuhi persyaratan ASTM A788 dan ASTM A668. Properti mekanikal harus memenuhi persyaratan Tabel B1.1.

**B2. Persediaan batang tulangan**

Persediaan batang tulangan harus dipotong menjadi billet sesuai dengan bagian yang ditempa. Semua billet harus ditandai dengan nomor heat.

**B3. Temperatur penempaan**

Billet harus ditempa pada temperatur minimum dari 2150 °F (1180 °C) dan temperatur maksimum 2250 °F (1230 °C).

**B4. Perlakuan *heat***

Penempaan impresi segera yang berikut, bagian yang ditempa harus dinormalisasi selama satu jam pada 1650 °F (900 °C) kemudian didinginkan dengan udara.

**B5. Penyempurnaan**

Penempaan yang sempurna harus disemprot akhir, bersih dari kerak.

**B6. Penjaminan mutu**

Satu sampel dari persediaan batang tulangan dari setiap heat harus dipotong dengan panjang 6 in. (152 mm) dan ditempa menjadi batang tulangan dengan ketebalan 5 in x 2 in. (127 mm x 50 mm). Contoh uji harus ditandai dengan arah longitudinal dan transversal. Properti kimia dan fisikal per Tabel B1.1 harus diverifikasi dengan ASTM A572/A572M Gr. 50 (345) untuk kedua arah longitudinal dan transversal pada setiap contoh uji.

Pengujian partikel magnetik harus dilakukan pada 12 potongan pertama dari masing-masing produksi untuk memverifikasi peralatan dan prosedur penempaan. Retak-retak tidak diizinkan. Jika retak ditemukan, peralatan atau prosedur penempaan harus dimodifikasi dan tambahan 12 potongan pertama harus diuji. Proses ini harus diulang sampai diperoleh 12 contoh uji bebas-retak sebelum produksi.

<b>TABEL B1.1</b>	
<b>Properti Mekanikal yang Ditetapkan</b>	
Kekuatan leleh	Minimum 50 ksi (345 MPa)
Kekuatan tarik	Minimum 65 ksi (450 MPa)
Elongasi dalam 2 in. (50 mm)	Minimum 22 %
Reduksi area	Minimum 38 %
Kekerasan takik-Charpy	20 ft-lb pada 70 °F (27 J pada 21 °C)



**B7. Dokumentasi**

Data uji laboratorium yang mendokumentasikan persyaratan kimia, kekuatan, elongasi, reduksi luas, dan Charpy untuk sampel yang diuji menurut Pasal B6 harus disampaikan.

Pemeriksaan laporan yang mendokumentasikan kinerja yang memuaskan dari uji partikel per Pasal B6 harus disampaikan.

Sertifikasi kesesuaian dengan persyaratan Lampiran ini harus disampaikan kepada pembeli.

